ISSN 0304-2944

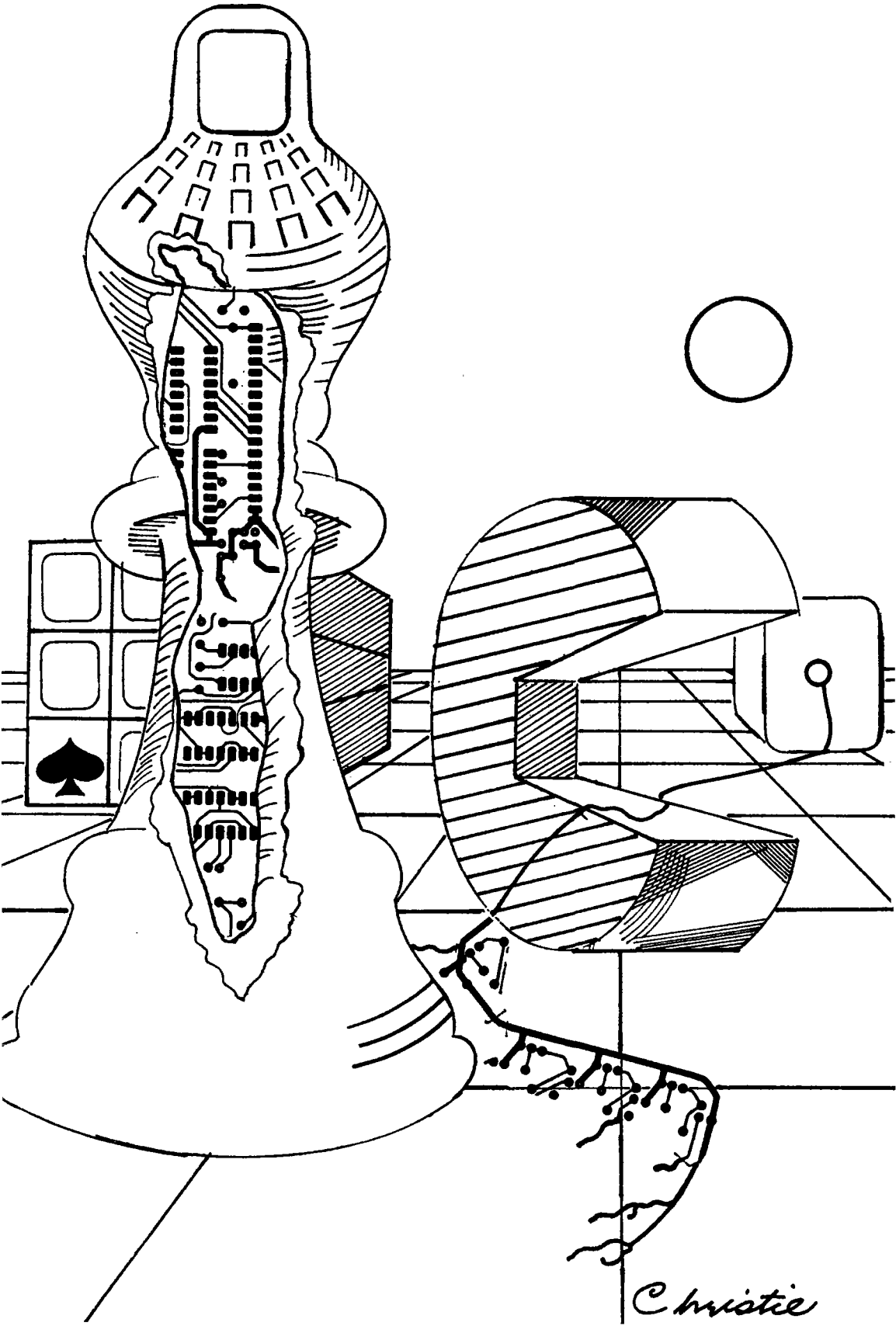
volume 32 n° 4 octobre-décembre 1982

impact

science et société

Unesco

La science et les jeux : apprendre en s'amusant


Christie

La science et les jeux
Apprendre en s'amusant

impact
Vol. 32, n° 4, octobre-décembre 1982

431 Présentation : Apprendre en s'amusant

433 George Marx s'entretient avec Ernö Rubik

443 Les jeux, le jeu et la technologie
Elliott M. Avedon

457 Quelques origines énigmatiques du jeu d'invention
Dharamjit Singh

465 Les jeux électroniques, pour le meilleur ou pour le pire
Jon Bing

475 Les jeux vidéo apprennent à résoudre les problèmes
James Clayson

489 Apprendre avec l'aide de l'ordinateur. Un environnement scolaire efficace et agréable
Mike Lally et Iain Macleod

503 Le Nehru Science Centre : la participation du public à la science
R. M. Chakraborti

509 Des jouets scientifiques pour l'enseignement des sciences
Isaias Raw

517 Associer les sciences et le théâtre à l'école
John Beetlestone et Charles Taylor

525 Des jeux et des simulations pour faire comprendre l'importance de la science dans la société
Henry Ellington, Eric Addinall et Fred Percival

537 Tribune des lecteurs

© Unesco 1982
ISSN 0304-2944
ISSFAF 32 (4) 431-540 (1982)

Avis aux lecteurs

Impact : science et société est publié régulièrement par l'Unesco non seulement en anglais et en français, mais également en espagnol, en arabe, en chinois et en russe. Pour obtenir des informations concernant ces quatre dernières éditions, prière de s'adresser à :

Espagnol. Oficina de Educación Iberoamericana, Ciudad Universitaria, Madrid 3 (Espagne).

Arabe. Centre de publications de l'Unesco au Caire (Unesco Publications Centre in Cairo), 1 Talaat Harb Street, Le Caire (Égypte).

Chinois. The Association for the Journal of Dialectics of Nature, c/o Academia Sinica, 20th Building, Friendship Hotel, Beijing (République populaire de Chine).

Russe. The USSR State Committee for Publishing, c/o The USSR National Commission for Unesco, 9 Prospekt Kalinina, Moskva G-19 (URSS).

Les auteurs sont responsables du choix et de la présentation des faits figurant dans leurs articles ainsi que des opinions qui y sont exprimées, lesquelles ne sont pas nécessairement celles de l'Unesco et n'engagent pas l'Organisation.

Les références supplémentaires de la rubrique intitulée « Pour approfondir le sujet », qui apparaît à la fin de la plupart des articles, sont normalement choisies par la rédaction de la revue.

Les textes publiés peuvent être librement reproduits et traduits (sauf lorsque le droit de reproduction ou de traduction est réservé) à condition qu'il soit fait mention de l'auteur et de la source.

Article de Ved P. Nanda : « Changements climatiques et droit international », paru dans *impact*, vol. 32, n° 3 (1982), p. 401-411.

Nos lecteurs trouveront ce sujet traité plus en détail dans les communications publiées à l'issue du colloque sur les changements climatiques mondiaux, *Denver journal of international law and policy*, vol. 10, n° 3, 1981. Voir en particulier les deux articles suivants :

E. Weiss, « A resource management approach to carbon dioxide during the century of transition », p. 487-509.

A. Rosencranz, « The international law and politics of acid rain », p. 511-521.

Présentation

Apprendre en s'amusant

Il ne fait aucun doute qu'en jouant les enfants apprennent beaucoup de choses sur le comportement des adultes, soit par imitation — en jouant à la poupée — soit par initiation comme dans le cas du sport. Et il n'y a pas lieu de s'émouvoir — sauf pour quelques esprits chagrins qui trouvent suspect d'apprendre sans larmes — de ce qu'une activité agréable et librement choisie contribue à l'apprentissage. Comme on le verra dans ce numéro d'*impact*, qui a pour thème « La science et les jeux », cette activité peut prendre des formes étonnamment diverses : des simples jeux d'adresse et du cube à malice de Rubik au captivant réalisme des jeux vidéo interactifs en passant par les jeux de mise en scène, où les lecteurs sont invités à se prononcer sur les mérites de plusieurs scénarios destinés à expliquer des notions scientifiques de base comme le mouvement brownien ou la pollution.

Le fait qu'il existe tant de jeux « instructifs » ne devrait pas nous surprendre. En effet, il y a à peu près un an, Arthur Clarke, qui est passé maître dans l'art de faire de la lecture une source de joie, n'hésitait pas à déclarer devant un auditoire réuni par l'Unesco que « le meilleur moyen de transférer la technologie est d'en faire un jouet. Les enfants ont toujours appris en jouant : les jouets sont faits pour cela ».

Si nous avons choisi pour ce numéro le titre « La science et les jeux », c'est qu'il indique les deux aspects qui ont retenu notre attention. A propos des jeux, Avedon, dans un aperçu historique intitulé « Les jeux, le jeu et la technologie », propose la définition suivante : « Le jeu est une structure sociale autonome qui incarne une lutte formelle de puissance entre deux ou plusieurs forces en opposition ; cette lutte obéit à des procédures et à des règles... »

La structuration du comportement qui résulte du fait que le but et les règles sont bien définis n'est sans doute pas étrangère à la valeur formatrice du jeu. Cela explique en partie que le jeu convient même aux adultes. Avedon souligne que, grâce aux rapports sociaux structurés qu'il fournit, le jeu peut être utilisé par le psychologue avec les adultes pour lesquels l'interaction dans un environnement protégé a une valeur thérapeutique. Dans leur article intitulé « Des jeux et des simulations pour faire comprendre l'importance de la science dans la société », Ellington, Addinall et

Percival décrivent le jeu de rôles appelé « Pour ou contre la *fluoration* » comme un « débat structuré » au cours duquel les étudiants apprennent à la fois à porter des jugements de valeur et à évaluer rationnellement les faits pour résoudre un conflit qui divise une communauté.

Quant à la science, elle « entre en jeu » de deux façons : d'une part, les jeux peuvent fort utilement contribuer à son apprentissage, d'autre part, elle peut améliorer de façon décisive le matériel utilisé pour les jeux. Dans leurs articles, Beetlestone et Taylor, Raw, Chakraborti et Lally et Macleod montrent comment le jeu aide les enfants et les adultes à acquérir des connaissances et une tournure d'esprit scientifiques, tandis que Clayson et Bing étudient l'impact de ce qui est aujourd'hui l'apport le plus impressionnant de la science à l'innovation en matière de jeux : le microprocesseur, dit la « puce ». Dans un article récent consacré à l'un des jeux électroniques actuels les plus riches en programmes et qui font le plus appel à la matière grise, une journaliste déclare : « Comme c'est à lui de trouver le moyen de s'approprier le butin qu'il convoite, le joueur apprend à affiner sa logique déductive. Mais, pris dans le tourbillon de cette chasse au trésor, il n'a guère le loisir de se rendre compte que le jeu lui forme l'esprit »*. ■

impact

* Nathalie ANGIER, « Toying with the chip », *Discover*, décembre 1980, p. 73 à 75.

Pour moi, le cube est un objet de la nature

George Marx s'entretient avec Ernö Rubik

Ernö Rubik (à gauche) s'entretient à propos du cube avec George Marx (à droite).

Ernö Rubik, qui est ingénieur, dessinateur et professeur assistant au Collège des arts industriels de Budapest, a placé son cube multicolore entre les mains de millions de personnes de par le monde — enfants et adultes. Il décrit les motivations et les sentiments qui l'ont amené à créer ce jeu, qui est un défi, dans un entretien avec le professeur George Marx, du Département de physique de l'Université Eötvös, Budapest (Hongrie).

M. Le *Rubik's cube*, ou « cube de Rubik », connaît une très large diffusion sur les cinq continents. C'est un objet qui rencontre autant de succès auprès des enfants que des savants. La motivation économique ne suffit certainement pas à expliquer la création d'un tel jouet. Peut-être aviez-vous une autre raison, plus innocente ?

R. En tout cas plus sérieuse. Je pense que tous ceux qui créent quelque chose de vraiment original sont atteints de la même maladie.

M. Ils veulent sauver le monde ?

R. C'est une maladie dont le principe est beaucoup plus élémentaire, qui s'appelle la curiosité. Quand, enfants, nous commençons à explorer le monde qui nous entoure, nous sommes tous curieux. Les enfants veulent savoir pourquoi la tomate est rouge et posent bien d'autres questions du même genre, que les adultes trouvent lassantes : tantôt ils y répondent, tantôt ils disent qu'elles sont sans intérêt. Puis l'envie de poser des questions nous passe. Les objets deviennent familiers, nous nous y habituons. Notre goût de la découverte s'émousse, nous nous contentons de lieux communs acquis. Notre curiosité ne se ranime qu'exceptionnellement, par exemple lorsque nous choisissons notre compagne.

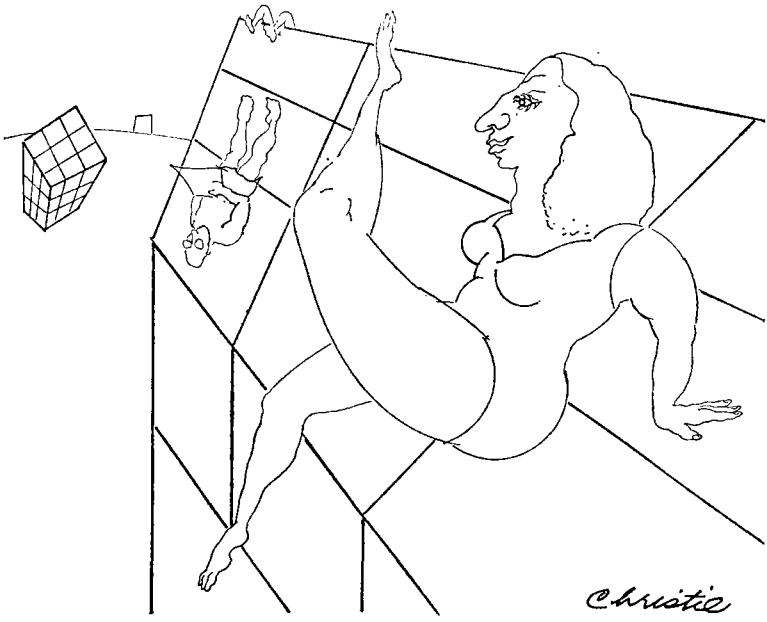
M. En nous habituant ainsi à appliquer des règles toutes faites, nous laissons inexploitées un grand nombre des possibilités que recèle la matière.

R. Il est dommage que notre curiosité innée disparaisse avec le temps pour faire place à la routine. Nous perdons la faculté d'émerveillement de notre enfance qui nous amenait à nous interroger sur les choses les plus simples et se traduisait par une réflexion continue faite de questions et de réponses. Pourtant, c'est ainsi que se font les découvertes importantes. Si la plupart de ces découvertes ne datent que de peu de temps, c'est uniquement parce que la question simple qu'il fallait se poser n'a jamais été posée auparavant ou, si elle l'a été, a été jugée sans intérêt, de sorte que personne n'a pris la peine d'y répondre. A mon sens, c'est l'habitude qui constitue le principal danger. Elle est notre plus grand ennemi, car elle revêt toutes choses de grisaille, ce que nous ne pouvons accepter. Nous devons sans cesse nous donner, et donner à ce qui nous entoure, une impulsion nouvelle qui dérange nos habitudes. Cet état instable permet de jeter un regard neuf sur les choses. Même un objet très familier devient alors intéressant. Ce phénomène est bien connu des voyageurs qui, à leur retour de l'étranger, regardent leur ville comme s'ils la voyaient pour la première fois et remarquent des choses qui leur avaient échappé jusque-là.

M. La plupart des enfants aiment le vagabondage, et la plupart des adultes les voyages. Mais comment en êtes-vous venu au cube ? Est-ce par les jeux de construction avec lesquels nous avons joué dans notre enfance ?

Le cube est la forme la plus simple dans les jeux de construction

R. Ce n'est pas par hasard que les jeux de construction sont composés de cubes. A l'origine de cette coutume est le fait que plus les formes utilisées dans une boîte de jeu de construction sont simples, plus les possibilités de création sont nombreuses. A cet égard, la forme la plus simple est le cube. Le cube offre en outre l'avantage de la stabilité : en empilant des cubes les uns sur les autres, on obtient une construction stable. Les possibilités des formes oblongues sont plus limitées. Tous les jeux de construction sont



composés de cubes et d'éléments oblongs, mais ces derniers sont simplement ornementaux, on peut difficilement s'en servir pour édifier l'architecture de base.

M. Nous savons par nos cours de géométrie que les polyèdres réguliers sont des formes d'une grande symétrie et très esthétiques ; mais on aurait pu penser qu'il s'agissait d'objets intemporels et immuables, qui n'évoluent pas et que rien ne peut atteindre. Or les cubes d'un jeu de construction sont vivants, ils représentent un défi pour l'enfant. Lorsqu'il les prend dans sa main, il imagine des constructions, des maisons ; il a envie de bâtir, puis de détruire, de transformer. Ce point de vue constructif est certainement plus riche que le simple point de vue géométrique.

R. C'est pendant les cours de géométrie, à l'école, que j'ai été séduit par les polyèdres réguliers. De leur simplicité découlent des relations géométriques complexes entre leurs éléments. J'ai été frappé par la beauté de ces relations, qui donnaient le sentiment à la fois d'une compacité close et d'une richesse demandant à se déployer. Je suis du type visuel. Quand je dis cube, je ne me représente pas un solide plein, tel un morceau de sucre, mais un espace symétrique attendant d'être rempli. Je vois une structure, définie par des arêtes que je peux matérialiser au moyen de baguettes articulées entre elles, de telle sorte que ce bâti puisse se déformer et se transformer.

Une vision tridimensionnelle

M. C'est une façon très tridimensionnelle de voir les choses. Dans la culture européenne, cette vision des choses est de moins en moins courante : la feuille de papier à dessin, la page du livre, la toile du peintre, la photographie, l'écran de cinéma ou de télévision sont tous, pour nous, à deux dimensions. Nous nous sommes habitués à ces cadres bidimensionnels, par lesquels nous nous exprimons et communiquons les uns avec les autres. Les cartes géographiques qui nous servent à nous orienter sont à deux dimensions. Le

cube de Rubik nous lance un défi inhabituel, car il nous oblige à voir et à penser en trois dimensions : nous devons aussi savoir ce qu'il y a de l'autre côté !

R. Mais la carte à deux dimensions est une abstraction ! Les enfants s'orientent sans difficulté en trois dimensions, ils le font mieux que nous. Les artistes, même les peintres, représentent également la troisième dimension. Il est possible que les habitants des grands ensembles continuent à se guider mentalement sur un plan à une ou deux dimensions pour circuler dans les ascenseurs ou les corridors, mais les techniques actuelles rendent notre vie de plus en plus tridimensionnelle. Il suffit de penser aux croisements d'autoroutes à plusieurs niveaux, aux gratte-ciel, à la vision nouvelle qu'on a d'avion. Outre les trois dimensions géométriques, l'homme moderne doit également prendre en considération le temps. La technologie actuelle est essentiellement quadridimensionnelle.

M. Vous en revenez à votre façon préférée de regarder les choses : les regarder en mouvement. Le cube de Rubik nous invite à lui faire subir une rotation, à le transformer. C'est sa façon de nous donner de rigoureuses leçons de logique.

Le défi du cube

R. N'importe quel solide cubique en fait autant ! Il suffit d'attribuer une valeur à chacune de ses faces. Vous avez entre les mains un dé qui vous incite à le jeter, à tenter votre chance. Combien peut-il prendre de positions ? Si vous n'obtenez pas le six, vous avez envie de le lancer à nouveau ! Vous vous mettez à soupeser vos chances de gagner, à calculer les probabilités. Et il ne s'agit là que d'un seul dé ; si vous en avez plusieurs, les possibilités se multiplient énormément : pensez au jeu de poker d'as ! Mais, outre les associations qui sont le fruit du hasard, vous pouvez en créer intentionnellement. Les petits cubes de McMenon ont été un des mes jeux favoris. Ces petits cubes ont six couleurs, autant que de faces ; ainsi les éléments géométriques sont individualisés. Il s'agit, à partir de ces petits cubes, d'en construire un gros présentant le même arrangement de couleurs que les petits. Là, les divers éléments sont séparés. Ce n'est encore qu'un jeu de caractère additif.

Un assemblage dynamique

M. Comment l'idée de rendre ces cubes colorés solidaires vous est-elle venue ?

R. C'est une tendance qui se retrouve également dans la sculpture contemporaine. Aujourd'hui, les sculpteurs ne se contentent pas tous d'exploiter les trois dimensions. Ils créent des œuvres mobiles. Certains, comme Calder, comptent sur le hasard pour créer le mouvement : les mobiles se transforment au gré du vent, des poussées données par les visiteurs. L'idée est certainement inspirée de la nature, des branches d'arbre agitées par le vent, du mouvement des feuilles. Cependant, ces créations ne tirent pas seulement parti du hasard, elles reflètent aussi les lois de l'équilibre. D'autres artistes installent des machines dans leurs sculptures ; dans ce cas, le mouvement qui en résulte exprime une sorte de fatalité.

M. En jetant un dé, en empilant des cubes, nous créons entre les divers éléments en jeu un lien fugitif.

R. Il existe des moyens de rendre ce lien plus organique. Un moyen est de relier ces éléments en chaîne, ce qui offre des possibilités intéressantes. L'autre est le lien axial : un axe joint les éléments sans les fixer. Tout lien, en particulier une fixation, réduit le nombre des variations possibles. L'intéressant, dans la construction du cube rotatif, c'est simplement que la conservation de tous les degrés de liberté rotatoire semblait géométriquement impossible et que, pourtant, en tirant parti des propriétés de symétrie du cube, on a réussi à résoudre le problème. Il est possible de permuter les éléments ayant des fonctions géométriques équivalentes, qui peuvent ainsi se substituer l'un à l'autre. La parfaite symétrie de l'hexaèdre permet à tout angle de prendre la place d'un autre angle, à toute arête de remplacer une autre arête.

Le cube de Rubik : un objet sans malice

M. C'est en cela que réside l'un des charmes du cube de Rubik. Je connais des jeux de patience dont la complication est visiblement délibérée et a pour seul but d'énerver le joueur. Le labyrinthe en est un exemple à deux dimensions, le casse-tête chinois un autre, à trois dimensions. Au contraire, le cube de Rubik est un objet qui semble sans malice. Sa forme, la rotativité de ses éléments ne paraissent pas répondre à une recherche de la complexité à tout prix. Dans son cas, c'est sa forme simple et géométrique, sa totale liberté de rotation qui permettent l'action.

R. Je crois que cette présentation compréhensible pour l'esprit est le propre de tous les problèmes fondamentaux qui valent la peine d'être étudiés. Je n'ai jamais aimé les problèmes à pièges, les questions embrouillées. La difficulté d'un beau problème tient à sa profondeur et non à la complication de son énoncé.

M. Il y a des années de cela, parlant avec le célèbre mathématicien Paul Turán du critère de la valeur d'un théorème mathématique, il nous a dit : « Plus le théorème est court, plus sa démonstration est difficile. » A cet égard, le cube de Rubik est un chef-d'œuvre. Point n'est besoin de formuler les règles du jeu. On prend simplement dans ses mains le cube tel qu'il sort de l'usine. On remarque qu'un mouvement de rotation permet de modifier l'agencement de ses éléments. Après quelques rotations effectuées au hasard, on constate que le plus grand désordre règne dans la disposition des couleurs. On essaie de rétablir l'harmonie initiale, sans y parvenir. C'est ainsi que se présente le défi du cube de Rubik. Celui qui veut le relever doit alors se livrer à un long travail de réflexion logique.

R. Je crois que tous les bons jouets et jeux sont ainsi. Pour moi, même si cela peut sembler étrange venant de ma part, le cube est un objet de la nature, de la même façon qu'une bille. D'aucuns voient peut-être dans le cube et la bille le summum de l'abstraction artistique et géométrique, le produit final du progrès technologique. Mais les galets deviennent ronds spontanément. Plusieurs fruits évoquent la sphère. Pour moi, le cube comme la bille ont leur origine en eux-mêmes, leur forme est le résultat de leurs propres lois géométriques. Si je les prends dans la main, j'ai l'impression d'objets naturels. Un ballon ou une balle ne sont jamais vendus accompagnés d'un mode d'emploi : la séquence des gestes à accomplir et les jeux auxquels ils peuvent servir découlent de l'objet lui-même. La balle est faite pour rouler, pour rebondir. Si je la lance contre un mur, elle me revient sous un certain angle ; si je lui imprime un mouvement de rotation, l'angle change, etc.

L'enfant reçoit son enseignement du ballon

R. Les expériences auxquelles il se prête s'ajoutent ainsi les unes aux autres et l'on peut en tirer une conclusion théorique. Mais les enfants reçoivent leur enseignement de l'objet lui-même, le ballon (ou la balle) développe en eux des aptitudes motrices nouvelles : ils apprennent à le rattraper, à marquer un but mais, pour cela, il leur faut coordonner leurs mouvements. Dans le cas de la balle de caoutchouc comme dans celui du cube à facettes mobiles, la forme et le mouvement sont perçus simultanément. Lorsqu'on a fait subir au cube quelques mouvements de rotation, on est un peu surpris par le mélange de couleurs vives mais, au premier abord, le cube ne nous apprend pas grand-chose sur lui-même. Cette connaissance s'acquiert peu à peu. Il faut observer le déplacement des facettes pendant qu'on les fait tourner. Ces premiers tâtonnements sont très instructifs. Les enfants font des progrès extrêmement rapides. Finalement, une séquence de mouvements utiles se dégage.

Une activité pacifique

M. Il est d'autres jeux populaires qui exigent eux aussi concentration et logique, tels les échecs et le jeu de go : ils figurent la compétition humaine, la guerre. La dialectique du cube de Rubik est différente. Ici, l'homme est affronté à la réalité, il doit faire face à la matière ; l'emploi de la force brutale ne permet pas de gagner. Si l'on sépare les éléments du cube à l'aide d'un couteau, on viole la loi de l'objet ; cette méthode est fallacieuse : il n'est pas possible de gagner contre la nature. La seule solution consiste à étudier le comportement de l'objet. Si nous apprenons à connaître les lois qui gouvernent ses mouvements, il obéira à nos instructions. Cette recherche pacifique est à l'image de la recherche scientifique et fait du cube de Rubik, à mes yeux, un jeu plus noble que les autres.

R. En un sens, tous les jeux de patience sont comme cela. Cependant, celui-ci présente une différence notable. Dans le cas des autres jeux, nous sentons qu'ils ont été inventés par quelqu'un, qu'ils ont été composés par quelqu'un. Notre tâche est de les recomposer. Si nous trouvons le truc, le jeu est fini, il n'y a plus à réfléchir. La seule chose à faire est de donner le jouet à quelqu'un d'autre pour qu'il s'y essaie lui aussi. Dans le cas du cube, ce qui est intéressant, c'est qu'après la première réussite le jeu n'est pas fini. Cette première solution apporte en effet une expérience suffisante pour savoir qu'il doit exister une solution encore meilleure. C'est le début du travail véritable. On essaie d'améliorer la solution et cette recherche exige une exploration systématique. On peut dire qu'il y a théoriquement un nombre de gestes minimal permettant de retrouver l'ordre initial des couleurs à partir de n'importe quelle disposition. Cependant, jusqu'à présent, les possibilités sont loin d'avoir été épuisées. Il se peut qu'un jour quelqu'un trouve une formule simple correspondant à la solution la plus directe, mais si cette découverte vient trop tôt, j'en serai triste. De même que c'en serait fini de la stimulation intellectuelle que procure le jeu d'échecs si l'on inventait une stratégie permettant à coup sûr de gagner.

M. Vous nous avez raconté comment vous en étiez venu à la création de votre cube. Mais lorsque vous avez commencé à penser à la fabrication du cube, vous vous êtes peut-être demandé si vous alliez le livrer au public. L'idée d'en faire un objet destiné à être mis entre les mains des gens est-elle en rapport avec le fait que vous enseignez vous-même à des jeunes au Collège des arts industriels ? Qu'entendiez-vous leur apprendre ? A s'orienter en trois dimensions ? A accepter les problèmes logiques ?

R. J'ai dit avec quelle force le défi du cube s'est imposé à moi. D'abord, il m'a fallu construire le cube articulé en tant qu'objet physique. Ensuite, j'ai dû résoudre le problème du rétablissement de l'agencement initial des couleurs. L'idée qu'il s'agissait d'un problème soluble en même temps que la difficulté de la solution m'avaient séduit. J'ai pensé que c'était là une expérience que je pouvais partager avec d'autres. Je considérais la solution que j'avais trouvée non comme une limite, mais comme un seuil : si j'ai pu trouver une solution, quelqu'un d'autre pourra en trouver une plus directe. Quant au fait que j'ai tiré du cube un jouet, cela tient à ma spécialité professionnelle : l'architecture d'intérieur et l'esthétique industrielle. C'est une profession où nous sommes imbus de l'idée qu'il faut produire pour les masses. C'est une conception opposée à celle de l'artiste qui cherche à créer une œuvre d'art originale en un exemplaire unique. Je pourrais faire du cube une grande sculpture, qui serait érigée sur une place. Un mécanisme interne en ferait tourner les éléments automatiquement et le public viendrait contempler ce cube gigantesque. Mais, dans mon échelle de valeurs, un objet qui peut être reproduit, qui peut être donné à tout le monde, occupe un rang supérieur. La nature produit de tels objets!

M. Vilmos Csányi, un expert en génétique, a conçu une théorie générale de l'évolution. Il part du fait que les individus les mieux adaptés sont ceux qui se reproduisent le plus vite. Il en va de même des bonnes idées et des objets industriels qui ont du succès : la société humaine les reproduit. C'est ainsi que le succès, le progrès, l'évolution font boule de neige. Eh bien, le succès du cube de Rubik n'est plus à prouver! Avez-vous idée du nombre de cubes qui existent dans le monde ?

Trente millions de cubes ont été produits

R. C'est difficile à dire. Légalement, sous licence, il a été produit environ trente millions de cubes. En dehors de la légalité, certainement plusieurs fois plus. On peut citer un ordre de grandeur d'une centaine de millions. Comme chaque cube passe entre les mains de plusieurs personnes, c'est à plusieurs centaines de millions de personnes que le cube a lancé son défi.

M. Cela représente environ quelques pour-cent de la population du globe. Bien des gens ont relevé le défi par curiosité. Beaucoup ont trouvé une solution seuls ou avec l'aide d'autres personnes. Si l'on donnait à des élèves un problème aussi ardu à l'école, je suis sûr que les parents se révolteraient. Et voilà que des enfants et des adultes s'y attaquent spontanément ; ils acceptent même de dépenser pour cela de l'argent. Peut-on dire quel sera l'effet éducatif du cube sur la jeune génération actuelle ?

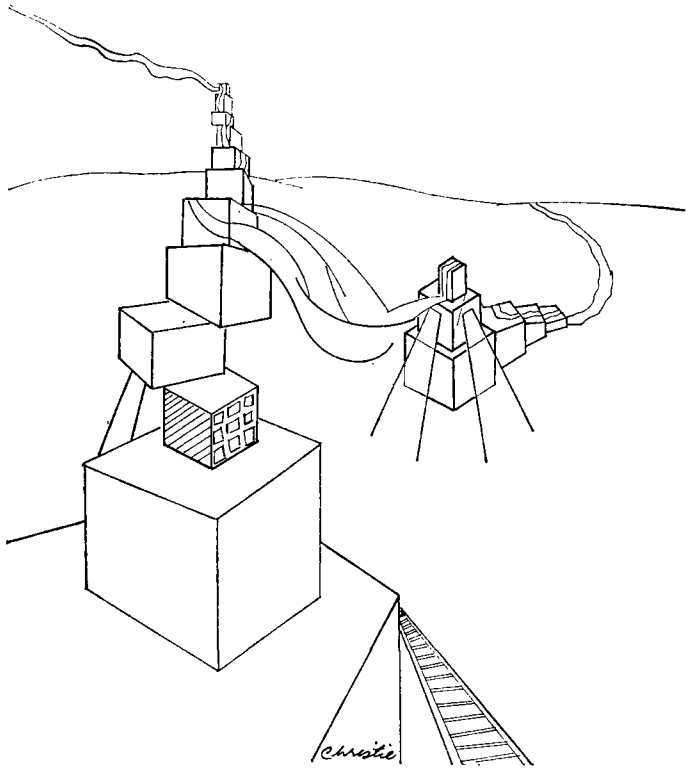
R. La question est difficile, parce que cet effet peut être multiple. Au début, le défi paraît simple à relever mais, en fait, il ne l'est pas. Bien des personnes qui se considèrent comme intelligentes achoppent contre la difficulté en essayant de trouver la solution et pâtissent des limites de leurs capacités. Certains adultes considèrent qu'ils ne doivent pas s'abaisser à aborder ce que des enfants peuvent faire. A tous ceux-là, le cube donne une leçon de modestie et de sagesse : les aptitudes et les schémas acquis auprès d'autres la vie durant ne sont pas toujours efficaces lorsqu'on s'aventure dans un domaine nouveau. Finalement, il leur faut des heures pour trouver la solution, pour prendre de l'assurance.

M. Il peut arriver aussi qu'il faille des jours ou des semaines!

R. C'est là la seconde leçon donnée par le cube. Au-delà d'un certain niveau de complexité, il n'est pas possible d'aller droit au but. Il faut analyser la tâche à accomplir, la décomposer. Il faut étudier chaque étape séparément ; il faut apprendre à se réjouir d'un progrès même modeste. C'est le seul moyen de parvenir au plein succès.

M. Il en est de même dans la science et la haute technologie.

R. La troisième leçon est celle de ceux qui ont appris la solution du cube dans un livre. Peut-être qu'au début ils ont essayé de la trouver seuls ; ils n'y ont pas réussi et se sont sentis atteints dans leur amour-propre. A ces personnes, les livres ont vraiment appris quelque chose. En effet, la structure du cube est telle qu'il est très difficile d'offrir une recette simple. Comprendre et suivre les instructions écrites complexes qui sont données exigent une gymnastique mentale ardue qui ne permet pas de rester passif.



M. Les livres qui proposent des stratégies pour résoudre le problème du cube de Rubik se sont vendus à des millions d'exemplaires.

R. J'ai lu récemment qu'au moins soixante livres avaient été écrits à ce sujet. Certains d'entre eux se sont effectivement vendus à des millions d'exemplaires. Il est évidemment très intéressant d'apprendre la solution du cube.

Retrouver notre chemin...

M. Au fond, le cube nous invite à retrouver l'harmonie primordiale. La nostalgie de la beauté originelle est présente chez la plupart d'entre nous, dans le monde troublé où nous vivons : retrouver notre chemin... Je pense que chacun reçoit différemment le message intellectuel du cube. Certains y voient peut-être une beauté cachée, à laquelle vous n'aviez pas songé.

R. Lorsque j'ai dit que le cube était pour moi un objet de la nature, je ne pensais pas que le cube renfermait ce que j'y avais caché. Il y a toujours une possibilité de découverte inattendue. Je n'avais jamais imaginé qu'un jeu qui se joue seul pourrait donner lieu à des concours! Pourtant, en juin, un championnat mondial se tiendra à Budapest.

M. Vous avez expliqué qu'un ingénieur pouvait construire des structures polyvalentes à partir d'éléments simples. J'ai eu des conversations avec des mathématiciens, qui rendent hommage au cube de Rubik parce qu'ils voient l'incarnation de la théorie des groupes ; la combinaison des rotations mène à une algèbre non communicative, au groupe de Rubik. On peut élaborer un cours d'algèbre de niveau universitaire à partir du cube. Le psychologue, lui, est fasciné par la possibilité qu'offre le cube de tester le mode de pensée des hommes ; on constate que la programmation du cerveau est différente dans les cultures occidentale et orientale. En tant que physicien, je vois pour ma part dans le cube assemblage de petits cubes colorés, un modèle du monde, composé d'atomes visibles. J'ai eu l'occasion d'échanger des idées avec des élèves de lycée intelligents au sujet du mélange spontané des facettes qui offre une illustration de la dérive de notre monde vers le chaos moléculaire. A la fin de la conversation, les jeunes ont commencé à me poser des questions sur l'origine et le destin de l'univers, sur l'entropie et le « Big Bang ». Dans les lycées hongrois, les professeurs de physique utilisent le cube de Rubik, cet objet familier quotidien, pour enseigner la thermodynamique. Dans combien de voies différentes le cube n'a-t-il pas orienté la réflexion!

Des potentialités illimitées

R. Au Canada, j'ai rencontré un poète qui est fier d'avoir résolu le problème de l'organisation du cube. En Suède, j'ai parlé à deux philosophes qui doivent écrire un livre sur le symbolisme des formes du « Serpent magique ». Toutes ces expériences renforcent ma vieille conviction qu'une grande simplicité est le meilleur point de départ pour toute création. Il faut rechercher des motifs élémentaires, car il est toujours possible d'en tirer quelque chose de neuf. Tout ce qui est vraiment élémentaire exprime l'ordre de la nature, ordre dans lequel nous vivons et qui recèle encore d'innombrables virtualités nous invitant à la recherche. ■

Pour approfondir le sujet

DÉLÉDIG, A. Autour du cube de Rubik : une nouvelle génération de taquins. *La recherche*, vol. 12, décembre 1981, p. 1450.

HOFSTADTER, D. Après le cube de Rubik, des sphères, des pyramides, des dodécaèdres et Dieu sait quoi. *Pour la science*, n° 59, septembre 1982, p. 108-119.

——. Les cubistes amateurs manipulent frénétiquement le Rubik's cube ; les « maîtres cubes » résolvent le problème qu'il pose. *Pour la science*, n° 43, mai 1981, p. 134-146.

MARX, G. ; GAJZÁGÓ, E. ; GNÄDIG, P. The universe of Rubik's cube. *European journal of physics*, vol. 3, n° 1, 1982, p. 39-43.

WARUSFEL, A. *Un certain cube hongrois... dans « La science des jeux »*. Numéro spécial hors série de *Sciences et avenir* (Paris), n° 35, août 1981, p. 63-67.

SCIENTIA

Revue internationale de synthèse scientifique - Fondée en 1907

Direction scientifique : Piero Caldirola - Ludovico Geymonat - Giuseppe Montalenti
Directeur : N. Bonetti

SCIENTIA demeure depuis 76 ans fidèle à son programme de rigoureuse synthèse scientifique de dépassement pour tout ce qui concerne la spécialisation de disciplines essentielles.

Cette exigence a encore aujourd'hui des motivations précises, relevant, d'une part, de l'apparition de nouveaux domaines d'expression de la recherche scientifique et, d'autre part, de l'évolution rapide de l'ordre social, qui est en même temps cause et effet de cette recherche.

Tel est le devoir dont Scientia continue à s'acquitter avec le concours de savants et de philosophes du monde entier.

Périodicité : 3 volumes par an, de 400 pages environ chacun. Les articles y sont publiés dans la langue originale de l'auteur, et en traductions intégrales anglaise et italienne.

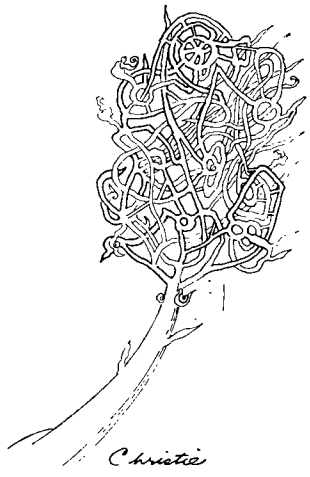
Abonnement annuel : Italie 22 000 lires - Pays européens 27 000 lires - Pays extra-européens 44 dollars
Numéro spécimen : Italie 5 000 lires - Pays européens 5 500 lires - Pays extra-européens 7,50 dollars

SCIENTIA - Via Guastalla 9 - 20122 Milano (Italie) - Téléphone (02) 780.669

Connu depuis l'aube de la civilisation, le jeu est aujourd'hui plus répandu que jamais, intervenant même dans les distractions publiques, les programmes scolaires et les activités promotionnelles. Tous les jeux impliquent une rivalité entre des forces opposées, d'où leur efficacité thérapeutique (résolution des conflits qui s'expriment dans le jeu) et leur ouverture à l'innovation technologique — le matériel change, le contenu demeure. La dernière innovation en date est le microprocesseur ou « micropuce ».

Les jeux, le jeu et la technologie*

Elliott M. Avedon



Elliott M. Avedon est professeur au Department of Recreation, Faculty of Human Kinetics and Leisure Studies, University of Waterloo (Canada) et conservateur du Musée et des Archives des jeux de l'université. Membre du Comité de recherches sur les loisirs et la culture populaire de l'Association internationale de sociologie, M. Avedon est l'auteur de plus de cent ouvrages et articles consacrés aux loisirs, dont The study of games: A source book *écrit en collaboration avec B. Sutton-Smith (R. E. Krieger Publishing Company, Inc., Huntingon, New York ; réédité en 1979). Son adresse est la suivante : Museum and Archive of Games, University of Waterloo, Waterloo, N2L 3G1 (Canada).*

* Les photographies des jeux d'autrefois (1, 2, 3 et 4 après la p. 444) sont reproduites avec l'aimable autorisation de l'auteur.

Introduction

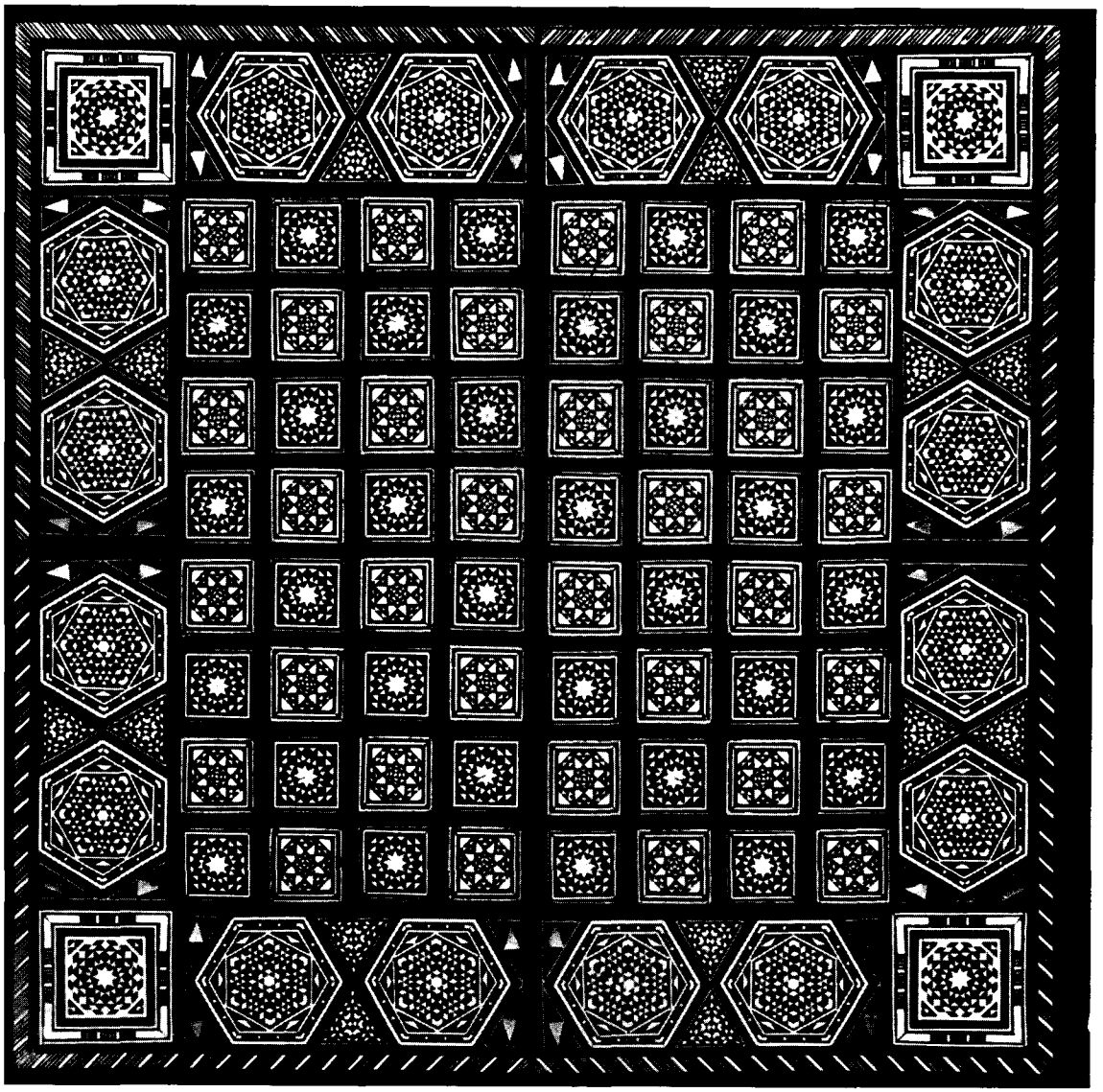
Les événements concernant des questions ayant une importance sociale collective, comme la politique, l'économie et la conquête militaire, sont la trame de l'Histoire avec un grand « H ». Bien que les aspects ordinaires de la vie quotidienne, tels que les jeux, ne se situent pas sur le même plan, l'étude des choses banales contribue à faire comprendre aux hommes la continuité de la civilisation et les éléments humains de la société.

Les jeux n'ont qu'un rôle secondaire dans la vie en société ; ils sont plutôt un problème de joie ou de déception individuelles, aussi les détails les concernant n'ont généralement pas été enregistrés et rares sont les informations dont nous disposons sur l'influence des jeux et de leur pratique dans la société au cours des siècles écoulés. Dans le passé, certaines personnes se sont efforcées d'étudier les jeux et elles ont proposé une série de théories fondées sur des informations extrêmement limitées. Aujourd'hui, grâce à l' « explosion » informatique, aux progrès technologiques et à l'application des découvertes scientifiques, nous nous trouvons dans une situation plus favorable.

Bien que les jeux existent sans doute depuis l'aube de la civilisation, le phénomène du jeu est beaucoup plus répandu qu'autrefois et les jeux se sont introduits dans de nombreux secteurs de la vie sociale là où on les attendait le moins. Avec le développement des programmes de divertissements publics organisés et des programmes scolaires, des occasions multiples de participer à des jeux ont été proposées aux jeunes du monde entier. Depuis longtemps, dans de nombreux pays, les gouvernements, certaines organisations (religion, santé, etc.) et les responsables de l'éducation utilisent des jeux (par exemple des loteries) pour se procurer de l'argent. Dans certains pays, des supermarchés et des restaurants de *fast food* organisent des jeux pour attirer les clients. Il y a des jeux télévisés et les établissements de jeux se multiplient dans le monde entier. On peut citer également les festivals sportifs internationaux, tels que les Jeux olympiques, jadis occasion d'honorer les dieux, et qui maintenant ne sont rien de plus qu'un divertissement profane.

Les jeux sont très demandés

Dans les grands magasins les jeux ne sont plus exclusivement vendus aux rayons de jouets ; on a créé des rayons de « jeux pour adultes » et il n'est pas rare de nos jours de voir des boutiques spécialisées dans la vente de jeux. Le nombre de ceux-ci mis sur le marché est stupéfiant. Depuis l'introduction des matières plastiques et des méthodes modernes de production et de diffusion de masse, les matériels ludiques sont à la portée de toutes les bourses. Toutefois, dans certaines sociétés, un petit nombre d'artisans continuent de fabriquer des jeux traditionnels, mais, à mesure que les goûts évoluent et que la société s'urbanise, ce type d'activité artisanale risque de disparaître. On voit souvent des jeux fabriqués par des artisans dans des expositions rétrospectives de musées intitulées « arts populaires du passé »! Les magasins d'antiquités et d'objets d'art ont des difficultés à se procurer des jeux anciens ; ceux-ci sont très demandés par les collectionneurs, qui sont de plus en plus nombreux à rechercher également des copies récentes de jeux traditionnels non pas pour l'usage prévu par l'artisan, mais plutôt comme objet d'art décoratif. Actuellement, dans certains pays, ces copies sont devenues un véritable produit vendu aux touristes comme souvenir. Les



1. Irak : Échiquier en marqueterie.
Photo : Museum and Archives of Games, Waterloo, Canada.

2. République arabe syrienne : Planche pour le jeu « compter et faire prisonnier ».
Photo : Museum and Archives of Games, Waterloo, Canada.

musées se sont aperçus que les reproductions de certains objets de leurs collections ayant un rapport avec le jeu se vendent fort bien dans leurs boutiques de cadeaux.

Avec l'avènement de l'informatique, on peut désormais s'initier aux nouvelles techniques de jeu dans des lieux très divers : salles d'attente des aéroports, galeries de motels, cafés et bars. Ces innovations technologiques remplacent rapidement les appareils mécaniques, tout comme ces derniers avaient jadis remplacé les jeux à commande manuelle. Des versions de jeux électroniques à usage domestique remplacent aussi certains jeux de table ou d'échiquier traditionnels dont ils augmentent les possibilités.

En plus des articles consacrés aux jeux qu'on trouve dans les journaux du monde entier, il existe des périodiques mensuels et trimestriels spécialisés au Royaume-Uni, en France, en République fédérale d'Allemagne, aux États-Unis d'Amérique et dans d'autres pays. Certes, les manuels d'instruction consacrés aux jeux ne sont pas nouveaux, mais il y a maintenant dans certaines librairies des rayons entiers avec des centaines de volumes sur les jeux, phénomène inconnu dans le passé.

Les attitudes envers les jeux et les pratiques du jeu varient d'un pays à l'autre et d'une culture à l'autre. Aujourd'hui, la plupart des sociétés considèrent les jeux et la pratique des jeux comme une activité sociale positive. Toutefois, il existe, semble-t-il, quelques variantes dans la notion de jeux en soi qui sont acceptables. Étant donné que les jeux ont envahi la société contemporaine, il paraît intéressant d'étudier plus en détail le phénomène des jeux.

Le jeu est toujours un moyen

Le jeu a été défini au cours des âges de plusieurs manières. On admet généralement aujourd'hui que la notion de « jeu » implique un type de comportement intentionnel. Selon certains, le « jeu » est un comportement fondamental qui existe dans de nombreuses espèces animales et des théories ont été construites pour expliquer la raison d'être de ce comportement spécifique. Aux fins de cette étude, il importe de comprendre la différence qu'il y a entre ce que l'on *pourrait* reconnaître comme « le jeu » et ce que l'on *peut* identifier comme « un jeu ». Dans un contexte philosophique, « le jeu » n'est jamais un moyen[1], mais plutôt une fin en soi. « Un jeu » est toujours un moyen!

Un jeu est une structure sociale autonome qui incarne une lutte formelle de puissance entre deux ou plusieurs forces en opposition ; cette lutte obéit à des procédures et à des règles, en vue de produire un résultat inégal[2]. Il suffit de penser au jeu pour enfants[3] *Roi de la montagne*, à titre d'exemple*. Puisqu'un jeu est un système structuré de comportement plutôt qu'un objet tangible en soi, les comportements requis par un jeu peuvent être répétés sans modification par d'autres personnes qui jouent le même jeu en des lieux différents et à des moments différents[4].

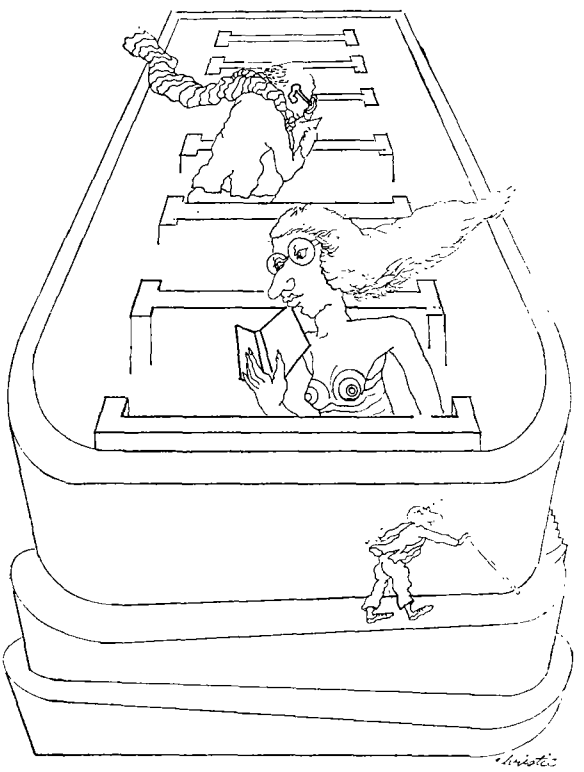
* Des exemples de jeux sont cités dans toute cette étude. Tantôt les noms de ces jeux ont été traduits — généralement en français — à partir de la langue originale de la culture où ce jeu peut avoir pris naissance, tantôt le nom d'un jeu est donné dans une transcription française du nom traditionnel de ce jeu. Toutefois, la plupart des exemples cités peuvent se trouver dans de nombreuses cultures différentes sous des appellations diverses.

Un jeu est unique en ce sens qu'il est un système de comportement circonscrit dans lequel n'importe qui peut sans cesse entrer en tout lieu et à tout moment. Lorsqu'un joueur s'échappe du monde réel pour entrer dans un jeu, l'interaction au sein du système ne change pas le monde réel, pas plus que celui-ci n'exerce une influence sur ce qui arrive dans un jeu. Bien qu'il y ait des gens mariés qui se querellent à la table de bridge comme ils le font dans la vie courante, ou des gens qui lancent une boule de « bowling » avec la même vigueur qu'ils nettoient l'entrée de leur maison après le passage d'un chasse-neige dans leur rue, ces comportements ne sont pas intrinsèques à un jeu. Ils sont une intrusion du monde réel dans le système que nous appelons « un jeu ».

Les jeux ne dépendent pas d'objets tangibles spécifiques ; en fait, certains jeux n'exigent pas l'emploi d'objets quelconques ou d'un environnement particulier pour être mis en œuvre. *Charades* ou *concours oraux d'orthographe* sont des exemples de jeux qui n'exigent aucun matériel ni environnement spécial.

Une interaction compétitive est nécessaire

Mais chaque jeu exige qu'il y ait interaction compétitive entre deux ou plusieurs forces en opposition dans des limites fixées par un ensemble de procédures et de règles mutuellement acceptées. L'une des forces est toujours une personne qui joue, mais la force opposée peut être un objet, les lois de la physique, le niveau de développement biologique d'un joueur, le temps, la distance, une énigme intellectuelle, une autre personne ou plusieurs personnes et, bien sûr, dans la société moderne, une simulation sur ordi-



nateur peut constituer la force d'opposition. Dans ces jeux modifiés par la technologie moderne, un ordinateur peut jouer le rôle d'une ou de plusieurs personnes en opposition. Quoi qu'il en soit, c'est le système de jeu qui définit comment vont interagir des forces opposées, non des objets tangibles, et il importe peu que les forces d'opposition soient uniquement humaines ou humaines et électroniques!

Bien que tous les jeux n'exigent pas l'emploi d'objets tangibles, quelques-uns peuvent être différenciés par les objets utilisés pendant le jeu. Les influences culturelles ou le goût esthétique, le degré de développement technologique dans une société peuvent modifier les objets, ainsi que l'environnement du jeu dans des lieux géographiques spécifiques à différents moments. Un exemple de jeu ancien illustrant des modifications est le jeu connu dans le monde occidental sous le nom d'*échecs*. En Chine, il s'appelle *Shang Ch'i* et l'échiquier est souvent fait d'une feuille de mince papier blanc comportant des lignes rouges. Le jeu se joue sur les quatre-vingt-dix intersections des lignes. Au Japon, le jeu s'appelle *Shogi* et l'échiquier est traditionnellement en bois, peint en jaune ou teinté en couleur bois naturel, ciselé ou peint de lignes noires formant un dessin de quatre-vingt-dix carrés de la même couleur. Un échiquier européen moderne se présente généralement sous forme d'un plateau de soixante-quatre carrés de couleurs différentes, fait de divers matériaux allant du bois précieux marqueté au vulgaire carton. Certains jeux d'échecs contemporains n'ont guère de ressemblance avec ces trois types de jeux, car ils sont composés d'images LED (diode émettrice de lumière) ou CRT (tube à rayon cathodique) produites par une puce de micro-ordinateurs. Bien que ces quatre types de jeu paraissent différents, dans chacun, la raison d'être, la méthode de jeu et les déplacements uniques de certaines pièces sont identiques. Le jeu en soi n'est pas le matériel, mais le système unique formellement organisé d'interaction compétitive.

Par conséquent, d'un point de vue conceptuel, un jeu est un système de comportement formel dans lequel deux ou plus de deux forces, dont l'action est régie par des procédures et des règles, interagissent pour produire un résultat inégal. Un jeu présente un schéma formel de relation ou d'interaction qui induit naturellement une opposition entre les participants ou entre les participants et les choses, et dont le résultat sera la victoire d'une force et la défaite de l'autre.

La pratique du jeu dans les systèmes économiques

En général, l'idée de jeu est associée uniquement à celle de divertissement ; or on a reconnu que certains comportements sociaux, à l'intérieur de systèmes économiques concurrentiels, contiennent quelques éléments qui existent dans le jeu! Dans le domaine économique, les individus sont souvent engagés dans une opposition compétitive avec d'autres individus ou ensembles d'individus, comme les entreprises, ou même les pays. Chaque ensemble s'efforce de gagner. Cette notion a donné naissance au concept connu sous le nom de « théorie mathématique du jeu »[5]. Ces théories ont eu une influence intéressante sur la société contemporaine ; certaines professions ont découvert qu'elles s'appliquaient à leur domaine d'activité et elles ont intégré les jeux et la pratique des jeux dans leur programme de formation. Cependant, il est rare que ces activités soient qualifiées de jeux ou de

pratiques de jeu. Certains matériels pédagogiques utilisés aujourd'hui dans l'enseignement des sciences sociales, qui ne diffèrent guère du football ou du basket-ball d'un point de vue conceptuel, ont reçu le nom de « simulation », plutôt que celui de « jeu ». Dans l'enseignement de la gestion des entreprises et de la formation industrielle, les jeux éducatifs sont désignés sous le nom d' « exercices de prises de décision en matière de gestion ». Dans les programmes de formation aux relations humaines et de psychothérapie, les jeux sont désignés par l'expression : « expériences structurées vers l'interaction humaine! »

Certains doivent dissimuler leur participation

L'emploi de ces euphémismes donne à penser que certaines catégories sociales considèrent les jeux comme une activité qui n'est pas très respectable et, tout en les trouvant utiles et significatifs, ils cherchent à dissimuler leur participation à cette activité sous une autre qui a une image plus acceptable sur le plan social. Assez curieusement, cette attitude n'est pas nouvelle. Selon des rouleaux de papyrus de l'ancienne Égypte[6] « ... on envoyait travailler dans les carrières des membres du petit peuple condamnés pour avoir pratiqué des jeux d'argent ». Cela a peut-être été les débuts des jeux clandestins, car, il y a cent ans, des éditeurs produisaient encore des jeux d'*échecs* dans des versions qui ressemblaient à deux gros ouvrages savants placés côte à côte. Au dos étaient imprimés des titres du genre : *Histoire de la Russie*, vol. I et II, ou encore : *Soirées au foyer*, vol. I et II. Ils étaient placés sur le même rayon que les autres livres d'une bibliothèque et de sorte que leur destination n'apparaissait pas. Il se peut que certaines personnes les aient achetés pour leur nouveauté, pour beaucoup d'autres ils représentaient une possibilité de dissimuler leur intérêt pour le jeu. Récemment, dans certaines sociétés, des tabliers de jeu en bois fabriqués à la main étaient illustrés de scènes pastorales peintes de couleurs vives sur le verso ; ils étaient accrochés comme des tableaux, le côté jeu tourné vers le mur, la scène peinte exposée à la vue. On évitait ainsi qu'un visiteur ne s'aperçoive qu'il se trouvait dans la maison d'un amateur de jeux!

Les psychologues reconnaissent la pratique du jeu

De même que certains mathématiciens, plusieurs psychologues contemporains ont reconnu la similitude qui existe entre le jeu et d'autres comportements sociaux. Des théoriciens, tels que Berne, Goffman et Szasz, ont montré que certains individus ne s'engagent intentionnellement dans des interactions interpersonnelles que si ces relations sont compétitives et soumises à des contraintes, des règles et des procédures intrinsèques et produisent des résultats prévisibles, exactement comme dans les jeux traditionnels. Certes, il est possible que quelques personnes ne considèrent pas ces comportements sociaux comme des « jeux », mais, d'un point de vue conceptuel, ils en possèdent les principaux éléments. D'autres psychologues (surtout les évolutionnistes) pensent que les jeux ont d'autres valeurs psychologiques intrinsèques. Ils constatent que les jeux offrent aux enfants des occasions de faire l'expérience de la vie, de tester leurs capacités et leurs compétences dans un environnement contrôlé, de pratiquer l'interaction avec autrui et de développer un sens de la domination sur des objets inanimés dans des situations circonscrites en relation avec leurs égaux. Certains

psychologues spécialistes de l'éducation affirment, d'autre part, que les jeux retiennent l'attention des élèves et que cette raison serait à elle seule suffisante pour justifier leur pratique.

Les individus « évacuent » des conflits

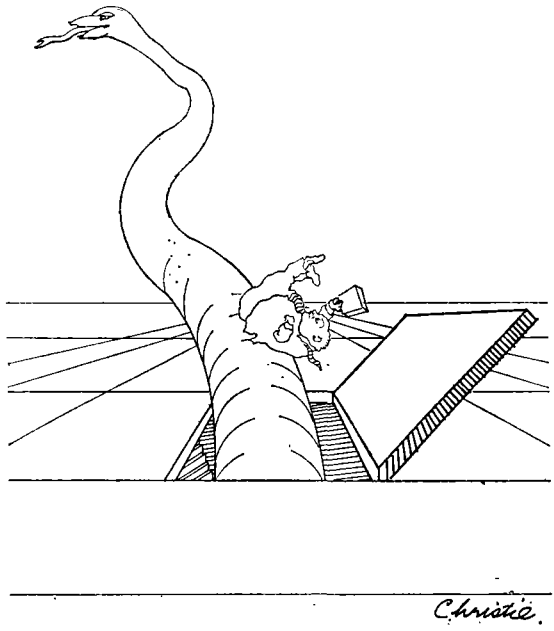
D'autres psychologues estiment que, dans un contexte récréatif pour l'adulte, les jeux peuvent être considérés comme des systèmes sociaux circonscrits ou limités dans lesquels un individu peut « évacuer » des conflits non résolus avec son moi. Les jeux offrent aux adultes l'occasion de prendre des risques limités. Ils constituent un milieu propice à des relations sociales structurées et dans lesquelles on peut interagir dans un environnement protégé et rendu sûr par la connaissance de la gamme des comportements qui peuvent être exigés et des résultats qu'on peut attendre. Selon certains, le jeu est psychologiquement sans danger, comparé à d'autres types de relations dans lesquels le comportement se fonde sur le degré d'intimité, et les résultats sont, dans une certaine mesure, imprévisibles. D'autres estiment que les jeux offrent également une série de satisfactions inaccessibles à l'individu en dehors des structures de jeux. Vie de famille, travail, responsabilités quotidiennes peuvent exclure le type de satisfactions psychologiques recherchées qu'on peut trouver dans un certain nombre de jeux.

Au sens biologique, certains scientifiques ont affirmé que les jeux favorisent l'homéostasie, c'est-à-dire un équilibre au sein de l'organisme humain. Par exemple, la personne qui passe la majeure partie de sa journée de travail dans un bureau consacrera ses soirées à des jeux exigeant des comportements moteurs non pratiqués dans la journée. A l'inverse, un travailleur du bâtiment, après une journée de travaux manuels épuisants, sera peut-être satisfait de pratiquer des jeux sédentaires comme les cartes ou les jeux sur cartons. Il existe aussi une notion selon laquelle les êtres humains sont avides de stimulants. Comme l'explique Murray : « Le besoin inné de l'homme de faire quelque chose le pousse sans cesse à agir... »[7].

Il semble bien que les jeux permettent de satisfaire le besoin qu'ont certains individus d'être stimulés.

Les thérapeutes utilisent le jeu comme moyen de traitement

Ces facteurs psychologiques et biologiques ont favorisé l'utilisation des jeux en thérapeutique[8]. Les spécialistes de la physiothérapie et de l'ergothérapie utilisent le mouvement inhérent à certains jeux comme moyen de traitement de certaines affections musculaires, articulaires ou nerveuses, au lieu d'avoir recours uniquement à des exercices répétitifs qui ennuient souvent le malade. Comme dans le domaine de l'éducation, les thérapeutes se sont aperçus que les jeux retiennent l'attention du malade ; ils les utilisent donc dans le cadre de la rééducation pour éviter une régression secondaire qui pourrait résulter d'une incapacité. De même, dans les centres d'éducation surveillée, les jeux sont utilisés pour certains délinquants afin d'éviter une régression primaire et minimiser un comportement « agressif » dans le monde réel. La participation à des jeux physiquement actifs, considérés comme un aspect de la médecine préventive, est largement encouragée par les gouvernements ; ceux-ci y voient, en effet, un moyen de réduire les dépenses de santé qui ne cessent de croître à mesure que les populations se sédentarisent.



En psychothérapie, les aspects psychologiques propres à certains jeux se prêtent à une variété d'objectifs à des fins de diagnostic et comme mode de traitement. Les jeux offrent aux psychothérapeutes un moyen verbal et non verbal de comprendre les motivations du comportement et d'observer les changements du comportement dans le temps. Ils sont la source d'interactions réalistes et se prêtent à des interprétations sémantiques et symboliques. Les jeux peuvent être modifiés pour intégrer des limitations physiques ou psychologiques et ils peuvent être adaptés aux aptitudes et aux centres d'intérêt du patient. Les jeux n'ont pas l'apparence d'un remède, aussi peuvent-ils constituer un traitement de choix dans certaines situations.

Les jeux peuvent être destructeurs

Comme en toute chose, le contraire est omniprésent. Si, pour certains, les jeux sont un moyen d'existence et, pour d'autres, un puissant instrument de traitement, ils peuvent aussi avoir un effet destructeur. Plusieurs exemples viennent à l'esprit : le joueur de hockey qui a perdu un œil, le basketteur victime d'une crise cardiaque, le joueur de bridge qui insulte son partenaire, le père ou la mère qui dissipe au jeu l'argent du ménage, le propriétaire d'une équipe sportive qui exploite un athlète, l'enfant dont le monde s'écroule dans les larmes après avoir fait faillite en jouant au *Monopoly*! On exprime même des doutes aujourd'hui sur l'efficacité des jeux électroniques qui tendent à limiter l'interaction sociale. Dans certains pays, les salles de jeux vidéo ont à peu près la même réputation que les salles de billard il y a plus d'un demi-siècle!

« L'entreprise commerciale a fourni... une stupéfiante variété de formes de divertissements à bon marché... le monde des affaires a saisi à peu près toutes les occasions de tirer profit du temps libre résultant des progrès technologiques et de la soif de sensations fortes due à la monotonie des emplois industriels. Et, à mesure que les appétits sont rassasiés, on ajoute émotion sur émotion et sensation sur sensation.[9] »

Bien que ce commentaire ait été fait il y a près de cinquante ans, il exprime des opinions qui prévalent aujourd'hui dans certaines régions du monde!

La technologie influence le matériel ludique

Au cours de l'histoire, les exemples abondent de progrès technologiques ayant une incidence sur le matériel ludique. Certains ont suggéré qu'il s'agit d'un phénomène naturel, car toute société s'efforce systématiquement d'améliorer des aspects de sa culture qu'elle désire conserver. D'autres ont exprimé l'opinion que l'innovation technologique dans le jeu permet à une société de bien s'adapter à une technologie nouvelle. Dans le passé, cet effort d'adaptation n'a peut-être pas été conscient, mais il l'est certainement aujourd'hui. Par exemple, on admet actuellement que les enfants qui utilisent des jeux électroniques éprouvent à l'égard des ordinateurs des sentiments très différents de ceux des adultes qui n'ont pas connu cette expérience dans leur jeunesse.

L'ordinateur exerce une influence sur la pratique du jeu

La technologie des ordinateurs exerce actuellement et exercera dans les années à venir une si grande influence dans de nombreux pays que cet aspect de la question mérite d'être étudié en détail. Sur le plan théorique, les jeux électroniques ne sont pas nouveaux ; ils ont leur origine dans le développement des systèmes modernes de calcul. Dans certaines expériences d'intelligence artificielle, on a utilisé les échecs comme modèle. Cela n'était pas nouveau non plus, car, au XIX^e siècle, plusieurs chercheurs avaient essayé d'inventer une machine « à penser » qui pourrait servir d'adversaire au jeu d'échecs. Après la deuxième guerre mondiale, les militaires commencèrent à mettre au point des simulations sur ordinateur qui pouvaient être utilisées pour enseigner les techniques de combat. Quelques-unes de ces simulations sont à la base de certains jeux d'entreprises modernes sur ordinateur.

Au cours des années cinquante et soixante ont été mis au point un certain nombre de programmes de jeux pour gros ordinateurs à unité centrale. Très peu de personnes avaient accès à ces jeux, car ils étaient généralement conçus comme moyen pédagogique pour aider les utilisateurs à rendre plus efficace leur interaction avec l'ordinateur. On ne pensait pas que ces jeux dépasseraient la phase d'acquisition des connaissances, mais, curieusement, c'est ce qui est arrivé. De plus en plus nombreux à avoir accès aux ordinateurs, les gens continuèrent à vouloir jouer contre eux. Peut-être était-ce un désir profond de démontrer la supériorité de l'être humain ou peut-être ce jeu était-il un pur divertissement. Quoi qu'il en soit, de nouveaux programmes de jeu furent mis au point pour répondre à la demande.

Apparition des micropuces

Vers le milieu des années soixante-dix, la généralisation des micropuces permet de réduire la taille et le coût de l'équipement informatique et l'on commença à ne plus s'étonner de voir des adaptations électroniques de billards électriques dans des galeries marchandes ou des bars. On pouvait jouer avec ces machines à Toronto, Vancouver, Copenhague, Francfort, Londres, New York, Tokyo et bien d'autres villes du monde. A peu près

à la même époque, certaines personnes commencèrent à acheter des systèmes *Pong*, petits ordinateurs à micropuce pouvant se brancher sur les téléviseurs domestiques, et l'individu moyen a découvert le plaisir de jouer contre un ordinateur, ou contre un adversaire, dans une partie arbitrée par un ordinateur. Les gens en avaient assez de rester assis à regarder la télévision et ils voulaient entrer en interaction avec l'écran! Le système *Pong* semblait répondre à ce désir.

Les systèmes *Pong* ne permettaient que trois ou quatre variations du même jeu, ce qui, apparemment, n'était pas suffisant pour beaucoup d'utilisateurs! Comme pour les jeux pratiqués dans les galeries marchandes ou les bars, le principe n'était pas nouveau : ces jeux étaient simplement des billards anglais modernisés. Un *flipper* mécanique n'était rien de plus qu'une adaptation technologique du milieu du XX^e^ siècle des billards anglais du XIX^e^ siècle. Il n'est donc pas étonnant que vers la fin des années soixante-dix d'autres jeux avec adaptations électroniques firent leur apparition sur le marché.

Jeu interactif sur l'écran du téléviseur

S'il est vrai qu'avec les machines à sous les galeries marchandes ont frayé le chemin, les fabricants ne tardèrent pas à mettre sur le marché des jeux électroniques de poche à fonction unique qui eurent un immense succès en raison de leur nouveauté. De nouvelles versions du système *Pong* apparurent, avec cassettes interchangeables (chacune avec une micropuce différente) permettant de nombreux jeux interactifs sur l'écran du téléviseur familial. En 1980, l'ordinateur domestique personnel est devenu disponible avec des versions des mêmes jeux sur cassettes et disquettes.

En 1981, la gamme des matériels parmi lesquels le consommateur pouvait choisir était impressionnante : jeux de poche à micropuce relativement peu coûteux, systèmes TV à cartouches et ordinateurs domestiques personnels avec jeux, ceux-là plus coûteux. Il n'y avait plus seulement quelques jeux, mais des centaines, complets avec couleurs rutilantes et effets sonores appropriés*. Nombre d'entre eux étaient des adaptations de jeux traditionnels, très connus du public, tandis que d'autres étaient des adaptations novatrices de jeux plus anciens qui ne pouvaient être pratiqués sous leur forme nouvelle sans l'aide d'un ordinateur. De nombreux fabricants de jeux étaient entrés sur le marché de la microélectronique et ils s'étaient aperçus qu'ils avaient fait un mauvais investissement, car il est en général impossible de prévoir le comportement du public en matière de dépenses de loisirs. A Noël 1981, un stock considérable de jeux électroniques de poche à fonction unique était cédé à prix réduit et, au début de 1982, plusieurs fabricants annoncèrent qu'ils se retiraient d'un marché devenu très compétitif et très désordonné.

L'industrie incite les consommateurs à communiquer

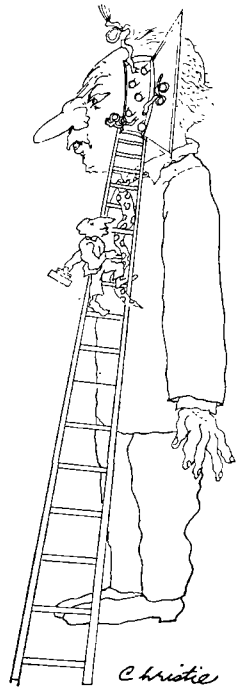
Ce dont les industriels avaient besoin c'était un moyen permettant d'inciter les consommateurs à communiquer et il semble qu'un tel processus de

* Les modèles les plus récents simulent la voix, ce qui permet à l'ordinateur de jouer le rôle de « quatrième » au bridge.

dialogue existe désormais. Il est possible d'établir un intéressant parallèle entre l'industrie des loisirs et celle du disque. Cette industrie a mis au point une méthode visant à encourager les consommateurs à acheter les disques nouveaux. En fait, ceux-ci sont comparables aux jeux sur cartouches, sur disques, sur cassettes, aux jeux électroniques de poche, etc. En ce qui concerne les disques, le public entend d'abord une nouvelle chanson à la radio, au cinéma ou à la télévision. Au bout d'un certain temps, elle est très connue et, accompagné d'une publicité appropriée, l'enregistrement est « diffusé » sur disques ou sur bandes et commercialisé. De même, les gens peuvent voir et pratiquer un nouveau jeu vidéo dans une galerie commerciale ou un bar. Le jeu est « diffusé » ensuite avec une fanfare publicitaire appropriée, en tant qu'élément d'un système à cartouches ou d'un ordinateur personnel. Il pourra aussi être diffusé sous forme de jeu de poche à fonction unique. Certains jeux ne se trouvent pas uniquement dans des halls d'hôtel ou des salons d'aéroport, mais aussi dans les salles d'attente de médecins et de dentistes. Il est probable que ces méthodes vont se généraliser jusqu'au moment où les adaptations de jeux à micropuces ne seront plus une nouveauté, mais tout simplement un autre type de matériel ludique.

La pratique du jeu a une remarquable continuité

De cet examen rapide des jeux et de la pratique des jeux, il ressort que ce type de phénomène social a eu une remarquable continuité. Apparemment, les gens continuèrent à aimer les jeux et, bien que le fait de jouer puisse avoir quelques connotations négatives, ils ne cessent d'être pratiqués. Au contraire, il semble que lorsqu'un jeu a été trouvé amusant, sa survie est assurée. Les jeux appartiennent à la collectivité et, tout comme les sociétés, ils ont été influencés par les innovations technologiques. En fait, il semble que les modifications majeures intervenues dans la plupart des jeux depuis les



temps les plus reculés concernent surtout le matériel ludique. Leur contenu varie peu, de même que les méthodes de jeu. C'est cette absence de variation des éléments fondamentaux qui permet de repérer la continuité historique.

Le matériel ludique de l'avenir connaîtra probablement d'autres innovations technologiques, mais les jeux en soi ne changeront sans doute pas. L'ordinateur aura d'immenses conséquences sur les techniques de jeux de l'avenir. On connaît les tournois internationaux d'échecs sur ordinateur, de même que les jeux électroniques des galeries marchandes. On peut y jouer avec des machines à sous électroniques, se poser sur la lune en douceur ou repousser les envahisseurs venus de l'espace. Les calculatrices de poche ont toutes les possibilités depuis le hockey jusqu'au jacquet ; quelques-unes parlent et ne se contentent pas de répondre par des signaux lumineux.

En fonction de l'extension des services interactifs par les télécommunications et de la généralisation des systèmes de composants d'ordinateurs, il sera possible, par une froide soirée d'hiver, d'appeler trois amis et d'organiser une partie de *scrabble*. Mais, dans ce cas, personne ne quittera son domicile. Les joueurs s'installeront devant leur terminal, passeront le canal convenu au moment approprié, et l'image de la grille apparaîtra sur un écran. Les jetons seront commandés par un clavier et le jeu sera interactif dans l'une quelconque des langues choisies par les quatre participants. Non seulement la partie pourra être jouée ainsi, mais les problèmes de mots seront instantanément résolus, car un dictionnaire multilingue sera mis dans la mémoire d'un ordinateur central qui dirigera l'ensemble des opérations. Si vous désirez jouer au bridge, mais ne pouvez trouver trois autres partenaires libres un certain soir, le microprocesseur jouera docilement trois mains et vous jouerez la quatrième.

Des innovations rapides caractérisent le marché du jeu

Les perfectionnements techniques de ce matériel ludique existent dès maintenant. Pour beaucoup d'entre nous, ces jeux semblent être de la science-fiction. Or ce n'est pas le cas ; aussi est-il presque impossible de prévoir ce que seront dans un avenir lointain le matériel ludique et ses modifications futures. Par exemple, au printemps de 1982, un nouvel équipement électronique à usage domestique a été mis sur le marché. Il permet des jeux interactifs à partir d'un vidéodisque et d'un rayon laser focalisé qui « lit » ce disque, une télécommande à infrarouge donnant au joueur la possibilité d'être interactif avec le disque. Cette caractéristique élimine le système complexe de fils et d'accessoires qu'exige la vidéocassette ou l'ordinateur individuel qui ne se sont généralisés qu'en 1981. Des innovations aussi rapides mises sur le marché rendent impossibles les prévisions concernant le matériel ludique. Une seule chose est sûre : les gens continueront à jouer !

Peut-être qu'un jour certains d'entre nous seront l'exemple vivant du *Magister ludi* de Hesse[10], et joueront indéfiniment ou, sinon, ils seront les représentants d'une nouvelle espèce, l'*Homo ludens*[11], de *Brave new world*[12]. Quoi qu'il en soit, il semble que ni les jeux ni le fait de jouer ne se modifieront en tant que comportement social sous l'action des changements technologiques. La technologie nouvelle sera absorbée par la société, le matériel ludique évoluera, et les mêmes jeux, ou des jeux très semblables, continueront d'être pratiqués sous une forme modifiée par cette technologie nouvelle ! ■

Notes

1. K. Riezler, « Play and seriousness », *The journal of philosophy*, vol. 38, n° 19, 1941, p. 505-517.
2. E. M. Avedon et F. Sutton Smith, *The study of games*, New York, John Wiley and Sons, 1971. Réimpression : Huntington, N.Y., Robert B. Krieger Publishing Company, 1979.
3. De nombreux spécialistes ont signalé ce phénomène ; voir, par exemple, l'ouvrage de Paul G. Brewster, « A worldwide game and an Indian legend », *Eastern anthropologist* (Luknow), vol. 14, n° 2, 1961, p. 192-193 ; « A Roman game and its survival on four continents », *Classical philology*, vol. 38, 1943, p. 134-137 ; « The Egyptian game Khazza Lawizza and its Burmese counterpart », *Zeitschrift für Ethnologie*, vol. 211, 1961, p. 11-13.
4. J. von Neumann et O. Morgenstein, *Theory of games and economic behavior*, New York, John Wiley and Sons, 1964.
5. A. Wykes, *Gambling*, Londres, Aldus Books, 1964.
6. E. Berne, *Games people play: the psychology of human relations*, New York, Grove Press, 1967 ; E. Goffman, *Interaction ritual: essays on face to face behavior*, New York, Anchor Books, 1967 ; T. Szasz, *The myth of mental illness*, New York, Harper and Row, 1961.
7. H. Murray, *History of board-games other than chess*, Oxford, Clarendon Press, 1952.
8. E. M. Avedon, *Therapeutic recreation service: an applied behavioural science approach*, Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, Inc., 1974.
9. G. Counts, « Social foundations of education. Report of the Commission on the Social Studies, 1934 », p. 300 ; cité par R. Kraus dans *Recreation and leisure in modern society*, New York, Appleton-Century Crofts, 1re édition, 1971.
10. H. Hesse, *The glass bead game*, New York, Holt, Rinehart and Winston, 1969.
11. J. Huizinga, *Homo ludens: A study of the play element in culture*, Londres, Maurice Temple Smith, Ltd., 1970.
12. A. Huxley, *Brave new world*, Londres, Folio Society, 1971.

Pour approfondir le sujet

WILSON, A. *War gaming*. Harmondsworth (Royaume-Uni), Penguin Books, 1970.

EIGEN, M. ; WINKLER, R. *The laws of the game*, New York, Knopf, 1981.

HISTORY AND PHILOSOPHY OF THE LIFE SCIENCES

SECTION II OF PUBBLICAZIONI DELLA STAZIONE ZOOLOGICA DI NAPOLI

Editor: M. D. GRMEK, Paris. - Assistant Editor: B. FANTINI, Roma

Editorial Board: V. CAPPELLETTI, Roma; F. HOLMES, New Haven; R. OLBY, Leeds; B. HOPPE, München; C. CASTELLANI, Milano; S. MIKULINSKY, Moskva; J. ROGER, Paris; G. USCHMANN, Halle. Editorial Secretary: J. A. GILDER.

If philosophical reflection can and must guide historical investigation, it is not less true that the philosophy of science can and must feed itself upon and allow itself to be modelled by historical development, the social, philosophical and epistemological implications of the life sciences and techniques.

The main concern of the journal is modern western scientific thought, but there is no limit regarding chronology, or the scientific nature of the subject or its cultural area. H.P.L.S. is published twice yearly in June and December and accepts articles (with English summaries) in all the major European languages. The first volume of H.P.L.S. appeared in June, 1979.

Further information concerning editorial policy can be obtained from the Editorial Secretary: Jean Ann Gilder, Stazione Zoologica, Villa Comunale, 80121 Naples, Italy. 1981 yearly subscription: Italy Lit. 24,000; elsewhere Lit. 31,500. Subscriptions available from the publisher: Leo S. Olschki, P.O.B. 66, 50100 Florence, Italy.

Un critique scientifique scrute les profondeurs d'où jaillissent les idées de jouets, de jeux et d'activité ludique d'invention ; il examine le savoir et les autres qualités indispensables à l'inventeur de passe-temps. Dans sa quête de cette pierre de Rosette, l'auteur emprunte à la physique et à la biologie.

Quelques origines énigmatiques du jeu d'invention

Dharamjit Singh

Dharamjit Singh est un photographe et écrivain indien. Impact *a publié plusieurs de ses articles. Pour entrer en contact avec lui, adresser toute correspondance aux bons soins du rédacteur en chef de la revue.*

impact : *science et société*, vol. 32 (1982), n° 4

L'homme n'a jamais montré autant de sagacité que dans l'invention des jeux
LEIBNITZ

Quelles sont au départ les conditions nécessaires pour trouver et déchiffrer la pierre de Rosette du jeu d'invention ? La réponse se trouve à priori dans la nature et doit pouvoir être discernée, doit pouvoir se reconnaître à certains signes. L'à priori inclut les relations existant entre l'inventeur et le monde. Une fois ces relations établies, elles refléteront non seulement le jugement, mais aussi l'objectivité ; une nouvelle dimension enrichit alors l'être même du joueur. Étant un à priori de par sa nature, la réponse devrait aussi manifester une unité de conscience. La science physique et la psychologie sont toutes deux indispensables à cette nouvelle conscience, phénomène dynamique et constructif.

Les jouets, les jeux et l'activité ludique occupent un horizon d'une ampleur impressionnante. Le plus souvent, nous n'avons guère idée de la richesse d'imagination qu'ils traduisent, des dons remarquables et du sens esthétique qu'ils supposent. Les inventions datant de la période de l'Indus, puis, moins loin de nous dans le temps, de celles de l'Égypte ancienne, d'Ur, de Lagash et, plus récemment encore, de la Grèce et de la Chine qui ont été redécouvertes témoignent de cette variété que l'avènement des échecs met en lumière. Le jeu d'échecs et d'autres jeux qui lui sont apparentés supposent chez leur inventeur l'existence de certaines connaissances mathématiques ou scientifiques, d'une forme ou d'une autre de pensée synoptique. Le jeu de société qui se joue sur un tablier était déjà en vogue durant les temps épiques et l'on dit que, frappé par l'ingéniosité dont ce jeu témoignait, un monarque avait proposé d'en récompenser l'inventeur par un prix qu'il demandait à sa cour de lui indiquer. « Ce que l'inventeur demandera, grand roi ! » fut le conseil de la cour royale.

L'inventeur demanda de recevoir, en guise de récompense, un grain de blé sur la première case de l'échiquier, deux sur la deuxième, et ainsi de suite. Le lecteur connaît la suite de l'histoire : la rémunération de l'inventeur excéderait $1{,}8 \times 10^{16}$ grains de blé — soit vingt fois la production mondiale annuelle de blé de l'époque.

Étant donné les éléments intégraux des mathématiques et de la science, l'élément d'art contenu dans les jouets est essentiel. Schiller soulignait que l'art lui-même appartient à la catégorie des jeux — l'art, comme le jeu, a pour « fonction de donner libre cours aux inclinations que la vie quotidienne ne satisfait pas ». La création spontanée, liberté commune à l'art et au jeu, est ainsi satisfaite et cela peut être la motivation qui pousse à inventer un jouet, un jeu de société ou une autre forme artistique d'activité ludique.

Imitation, simplification, échelle et humour

Les jeux, les jouets et l'activité ludique en général suivent l'évolution de la vie d'un enfant dont ils sont indissociables. Comme l'enfant préfigure l'homme adulte qu'il deviendra, un enfant privé de jeu pourra se transformer en un adulte imparfaitement achevé. De fait, les plus tendres fleurs de nos jeunes années sont semées en nous dès l'enfance par l'activité ludique, elle-même menant à des jeux structurés. Faire des plans, dessiner, donner une expres-

sion plastique sont parmi les plus fondamentales des actions culturelles, expression propre de la qualité d'*Homo sapiens* qui n'est partagée par aucun autre animal. Le jouet, le « joujou » français, est l'initiation de l'enfant au monde des objets fabriqués. L'activité ludique est l'occasion d'une expérience révélatrice, profonde et souvent décisive que bien souvent la pensée rationnelle imposée par un adulte serait incapable de provoquer. Il n'est pas rare que l'enfant perçoive mieux et plus vite que l'adulte, découvrant pour lui-même ce que l'adulte sait déjà. Les talents de l'homme adulte tirent leur origine du don qu'a l'enfant pour la simplification, l'imitation, la caricature, l'humour et l'agencement des couleurs.

Un aspect significatif de l'activité ludique et des jeux d'un jeune enfant est la conjonction d'un talent d'imitation et d'un besoin de miniaturisation. Les masques, les marionnettes et les modèles miniaturisés d'automates employés par les adultes relèvent de la reproduction apparentée à la réplique biologique, à la continuité de l'évolution. La petitesse permet à l'enfant d'établir un lien entre la réalité et sa propre vie, les dimensions de sa propre pensée ; source intarissable d'amusement et de joie, elle lui donne le sentiment de posséder, de maîtriser quelque chose. Les petits jouets renferment aussi en eux tous les sortilèges d'un monde magique — la forêt de Brocéliande qui jamais vraiment ne fausse compagnie à l'adulte.

Considéré sous l'angle des sciences physiques, le besoin observé chez l'enfant de ramener à une échelle réduite est comparable à l'aptitude qu'a le scientifique de transformer les phénomènes observés en symboles, en abstractions connues sous le nom de conventions et de lois. Grâce à ce processus, ce qui était chaos devient cosmos où règne l'ordre ; c'est le moyen de franchir la barrière que constitue le monde physique pour pénétrer dans celui de la psyché, véritable serre où fleurit l'invention.

Influence inventive, illusion et science indienne

Étant donné la correspondance existant entre la science, d'une part, et les jeux et l'invention, d'autre part, on trouve entre la première et les deux autres un bon nombre de traits communs. La science détermine dans une large mesure les caractéristiques mécaniques des jouets et des inventions, et les jouets inventifs influencent à leur tour la philosophie de la science — rendant possible une transition naturelle entre le monde de l'enfant et celui de l'adulte, le passage des jeux à la recherche. Les jouets les plus réussis intriguent non pas à cause de quelque origine ésotérique qui serait à rechercher dans les arts occultes, mais du fait de leurs rapports avec la vie et avec l'univers mécanique.

La structure et les lois qui régissent les inventions peuvent être observées du point de vue des sciences physiques. Les énigmes de la nature que l'innovation représente souvent contribuent à former en nous les idées reçues de ce que sont la condition humaine et les illusions communes aux hommes. Le savant en est conscient, mais plus avide de nouveauté que ne l'est le commun des mortels, l'innovateur apprend une nouvelle discipline qui l'aide à transcender de telles limitations. L'auteur d'inventions ou de découvertes est-il pour autant un être différent, un homme extraordinaire ? Max Planck n'était pas vraiment une exception ; c'était un être qui avait pu se libérer de l'obscurité dans laquelle les autres hommes demeurent enfermés, observant des phénomènes que leur isolement prive en partie de signification.

Et, pourtant, même des scientifiques peuvent partager les illusions les plus communes. Pourquoi, alors que nous marchons suspendus « la tête en bas » à la surface de la planète, voyons-nous toutes choses « dans le bon sens et à l'endroit » ? Ce qui nous empêche de « tomber de la terre », c'est la gravitation. L'inertie et la résistance au mouvement sont, de fait, fondées sur des lois universelles. Les sens de l'homme ne sont généralement pas assez affinés pour lui permettre de percevoir ces lois, mais l'inventeur, à sa façon qui lui est propre, apprend à les observer et à les reconnaître. Dans des conditions normales, l'homme n'est pas fait pour appréhender des phénomènes très lents ou très rapides. Il y a bien longtemps déjà, la science indienne faisait observer que nul ne peut percevoir les mouvements d'une fleur en train de s'épanouir, mais c'est précisément sur ce terrain que l'innovateur apprend à opérer. La vieille conception indienne de l'atomisme affirme que la terre est une masse de particules animées d'oscillations qui se déplacent à une vitesse extraordinaire. C'est notre propre inertie relative qui fait que la planète nous apparaît comme solide, de sorte que ses habitants ne « tombent pas à travers la terre » pour en ressortir en un point diamétralement opposé comme le feraient des neutrinos. La compréhension de paradoxes apparents permet à un esprit singulier de concevoir depuis les plus simples jouets jusqu'à des jeux si difficiles qu'ils sont pour certains d'entre nous de véritables casse-tête.

Nous savons maintenant que l'énergie contenue dans un corps donné est en relation directe avec sa masse, de sorte que la conversion par combustion de quelques kilogrammes de charbon dégage une énergie électrique de nombreux kilowatts-heures. Ayant compris cela, nous pouvons commencer à

3. Égypte : Planche pour un jeu dit « Senet » (XVIII[e] dynastie).
Photo : Museum and Archives of Games, Waterloo, Canada

4. Inuit (Canada) : Jeu d'osselets.
Photo : Museum and Archives of Games, Waterloo, Canada.

comprendre comment notre soleil et les autres étoiles peuvent brûler si longtemps pendant leur « séquence principale », émettant de la lumière et de la chaleur pour des éons de temps terrestre. C'est donc la réflexion de l'homme, non la combustion elle-même, qui est le sol fertile dont de nouvelles découvertes et inventions surgiront.

Constantes psychologiques et constantes physiques

L'homme, emprisonné dans le système qu'est son corps, est voué à ne pas percevoir d'autres paradoxes et contradictions qui constituent la nature et sa fonction. Nous autres humains imaginons souvent la vitesse comme l'une des attaques les plus redoutables des forces de la nature ; pourtant, le cosmos « a tout son temps » : un corps laissé à lui-même prendra le « chemin des écoliers » pour parcourir certaines parties de l'univers. Comme le chemin ou la surface suivis sont inévitablement structurés du point de vue mathématique, ce trajet est appelé géodésique. Ainsi, la géodésie exclut-elle toute conception humaine du temps ; il n'y a rien d'ésotérique à cela, et cependant, à l'époque de l'Inde victorienne, les Européens trouvaient inadmissible l'assertion indienne selon laquelle le cosmos procède selon de grandes courbes. La connaissance de la vérité que nous appelons science physique donne au savant le pouvoir de repousser plus loin les barrières de ce que nous percevons comme normalité.

La physique des quanta nous enseigne qu'il n'y a rien dans la nature qui équivaille à l'adverbe de temps « maintenant » ou à l'adverbe de manière « réellement » ; le physicien moderne s'abstiendra, en général, de spéculer sur les quantités mathématiques parfaitement définies telles qu'unités de matière et de radiation. La science affirme toutefois comme positives les valeurs de constantes (dont il existe des équivalences en psychologie, par exemple les archétypes — l'inconscient collectif de Jung). L'une d'elles est la constante de Planck*. Mais la valeur de cette constante (infiniment petite) ne se prête guère davantage à des explications que celle de la vitesse de la lumière.

Si le but de la science est d'expliquer l'univers, en atteignant le tout par ses parties, et de parvenir ainsi à l'harmonie par la compréhension, l'objectif de la science de l'esprit est de connaître la psyché. L'homme ordinaire, toutefois, est confondu par l'univers comme il l'est par sa propre expérience de la vie (laquelle se compose souvent d'une série de points lumineux se détachant sur un fond d'événements banals).

L'inventeur possède toutefois un spectre plus long et plus large. Là où l'homme moyen ne verra qu'événements ou phénomènes isolés, un Aristote, un Newton, un Einstein pourra rattacher un très grand nombre d'événements à un grand dessein de la nature. La généralisation est l'une des clés du succès pour l'auteur d'inventions ou de découvertes, les phénomènes de la nature représentant un continuum ininterrompu dans lequel il peut situer ses hypothèses, expériences et conclusions.

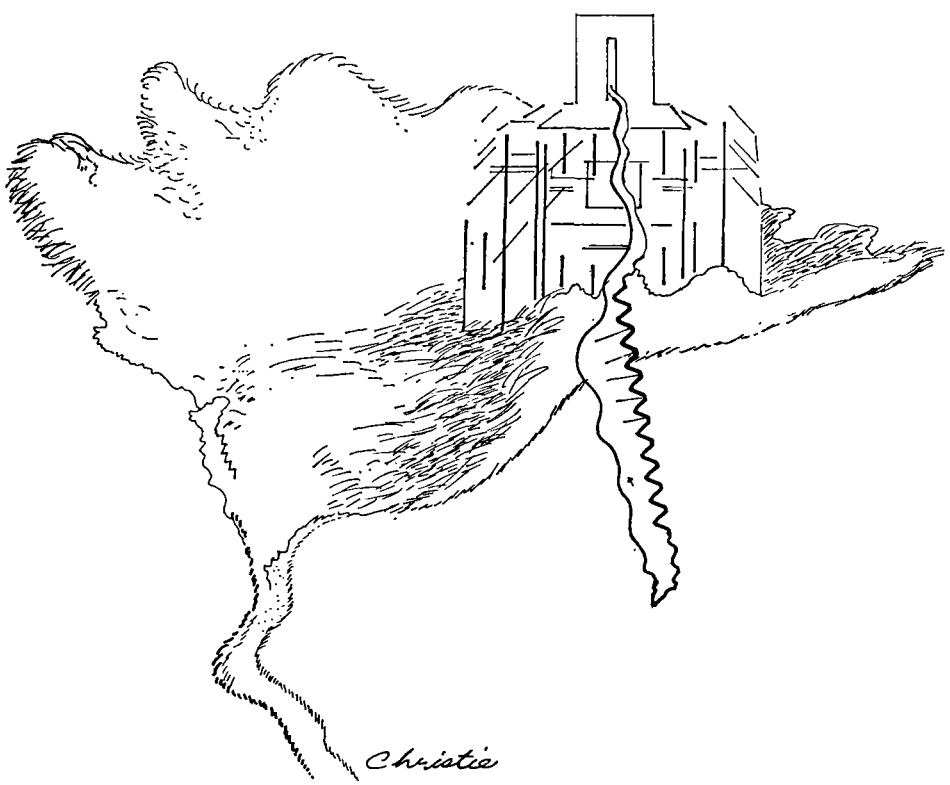
---

* Selon la loi de Planck, qui est la base de la théorie des quanta, l'énergie d'une radiation électromagnétique est limitée à des particules indivisibles du nom de photon. Un photon a une énergie $h\nu$, ν étant la fréquence de la radiation et h la constante de Planck. Cette dernière a une valeur de $6{,}626196 \times 10^{-34}$ joules/seconde. [NDLR.]

Expression de soi, autodétermination

Le fait que les phénomènes aient une existence indépendante de celui qui les observe n'est nullement convaincant pour l'homme ordinaire*. Ainsi, le phénomène appelé simultanéité à la fois en physique et en « science du psychisme » et qui concerne la vitesse de la lumière affectant deux événements de l'univers est appelé « simultanéité spatiale » lorsque l'observateur ne peut être présent aux deux événements ; l'intervalle est appelé « simultanéité temporelle » si l'observateur peut être simultanément aux deux endroits. Il existe, évidemment, un troisième cas : celui dans lequel les deux événements font partie de la même émission de lumière.

Toutefois, le chercheur, contrairement à l'homme de la rue, peut manipuler un grand nombre des faits qu'il a rassemblés, de même qu'un spéculateur en bourse peut jongler avec les valeurs d'actions industrielles sans manier un seul outil ni faire fonctionner la moindre machine. C'est bien, d'ailleurs, ce qu'Einstein a fait avec les travaux de Maxwell, de Mach, de Poincaré, de Lorentz et d'autres encore pour arriver à sa formule : $E = mc^2$. De même, la manipulation de la matière est le secret qui permet de trouver le mot des énigmes et elle joue un rôle essentiel dans la création de jouets et l'invention de jeux.



* Et pourquoi l'homme ordinaire serait-il convaincu ? L'une des conséquences du principe d'incertitude d'Heisenberg est que le comportement d'un système n'est pas applicable au niveau de l'atome.

Ainsi, aux frontières de la connaissance de l'univers physique et de la connaissance du monde de l'esprit, il y a un pont. C'est le lien entre la cause et l'effet (une cause étant souvent, en elle-même, un effet potentiel). Dans la création d'un jouet imaginatif ou d'un jeu complexe, l'effet peut être identifié avec la cause. S'il n'y a pas interaction créatrice, il sera impossible de mener le jeu ou le jouet à son point de perfection. Autant applaudir d'une main pour produire un son.

Ainsi donc, c'est par la mise en lumière de divers corrélatifs que nous pouvons concevoir de nouvelles formes, de nouveaux objets esthétiques, de nouveaux objets destinés au jeu et d'autres outils. Les corrélatifs qui aboutissent à la création de jouets ou de jeux sont ainsi liés entre eux, généralement par un processus d'analyse-synthèse, et reflètent les états successifs de l'esprit qui se concentre sur une innovation donnée. L'élément matériel apparaît ainsi comme inséparable de l'élément psychique, chacun faisant partie intégrante du processus d'innovation. La détermination et l'expression de soi combinent des éléments d'ordre biologique, physique et chimique avec un élément psychique pour produire une forme de jeu nouvelle, ou même quelquefois unique en son genre. ■

Pour approfondir le sujet

BRONOWSKI, J. *The origins of knowledge and imagination.* New Haven, Yale University Press, 1978.

DELEDICQ, A. Autour du cube de Rubik : une nouvelle génération de taquins. *La recherche*, n° 128, décembre 1981.

WICKELGREN, W. *How to solve problems.* San Francisco, W. H. Freeman, 1974.

Saviez-vous que

les éducateurs, les chercheurs et les étudiants peuvent utiliser les bons Unesco pour acheter

livres, périodiques, films
œuvres d'art, partitions musicales

récepteurs de radio et de télévision

machines à écrire
matériel scientifique
machines-outils

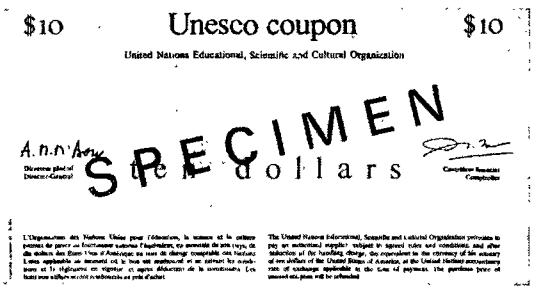
bandes magnétiques
instruments de musique
appareils de mesure

Les bons Unesco peuvent également être utilisés pour payer des souscriptions à des publications de caractère éducatif, scientifique ou culturel et pour acquitter des droits d'inscription universitaire ou des droits d'auteur

Les bons Unesco existent dans les valeurs suivantes :

Dollars des États-Unis d'Amérique

1 000
100
30
10
1



(Des coupons sans valeur nominale peuvent être valorisés pour des sommes de 1 à 99 cents.)

Comment cela fonctionne-t-il?

Dans chaque pays utilisateur, un organisme — le plus souvent la Commission nationale pour l'Unesco — est responsable de la vente des bons.

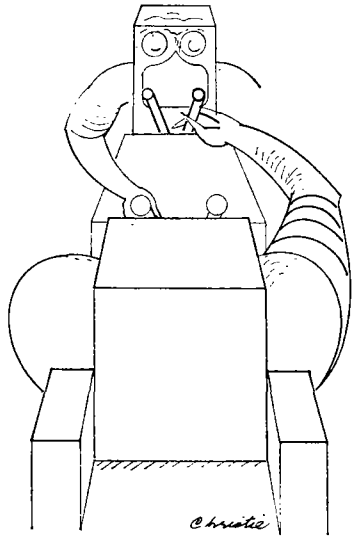
Écrire au Service des bons de l'Unesco, 7, place de Fontenoy, 75700 Paris (France) pour obtenir une liste des principaux fournisseurs ayant adhéré au programme ainsi que le nom et l'adresse du Service de vente des bons Unesco dans votre pays.

Vous payez les bons *en monnaie nationale* et vous les joignez à la commande que vous envoyez au fournisseur des marchandises que vous désirez acquérir.

L'évolution rapide des jeux vidéo fait entrer aujourd'hui dans les galeries de jeux et les bars — et de plus en plus dans nos foyers — toutes sortes d'engins techniques interactifs au graphisme animé et pittoresque. Même le roman, et notamment le roman policier, subit l'influence de cette technologie qui anime les écrivains à partager avec leurs lecteurs l'élaboration de l'intrigue. L'environnement électronique est en train de créer un réseau mondial de communication qui met des bibliothèques entières à portée de la main. Cette évolution peut être bénéfique, à condition que nous sachions élaborer à temps une politique appropriée à l'égard des médias.

Les jeux électroniques, pour le meilleur ou pour le pire

Jon Bing



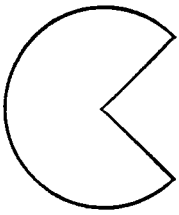
Jon Bing est docteur en droit de l'Université d'Oslo (1982) et professeur adjoint au Centre de recherche norvégien pour l'informatique et le droit. Ses travaux portent principalement sur les problèmes juridiques liés aux ordinateurs, et il préside actuellement le Comité d'experts du Conseil de l'Europe sur l'informatique juridique ; il publie aussi des ouvrages de science fiction, des romans, des nouvelles et des œuvres dramatiques pour le théâtre, la radio et la télévision. On peut le joindre à l'adresse suivante : Norwegian Research Center for Computers and Law, Université d'Oslo, Niels Juels Gate 16, Oslo 2, Norvège.

Le premier jeu vidéo lancé sur le marché était un jeu de tennis très simple, stylisé, qui comprenait deux barres en guise de raquettes et un curseur mobile qui traversait l'écran. Les joueurs pouvaient diriger les barres en les faisant monter et descendre, le curseur rebondissant selon les lois simulées de la physique chaque fois qu'il touchait les limites horizontales du terrain. Pour les joueurs habiles, on pouvait augmenter la vitesse du curseur, ce qui rendait plus difficile le placement des barres en temps voulu. Si un joueur ne trouvait pas de partenaire de son niveau, c'est l'ordinateur lui-même qui lui donnait la réplique pendant un set.

Le jeu était vraiment rudimentaire. Son graphisme consistait uniquement en lignes et en rectangles, et sa logique était des plus simples. Néanmoins, il passionnait beaucoup de gens, qui restaient des heures devant l'écran à faire de longues parties.

Bien entendu, les choses ont changé. La couleur est arrivée, le graphisme est devenu plus perfectionné et plus ingénieux ; le son monotone produit par le choc de la balle contre la raquette ou le sol a été remplacé par des sons divers émis par un synthétiseur capable d'imiter n'importe quel son réel.

Le jeu des *Envahisseurs venus de l'espace* est devenu lui aussi chose courante. Des escadres d'engins extraterrestres foncent vers la terre et le joueur doit les intercepter au moyen d'une seule fusée. Les engins spatiaux ont une forme stylisée, les couleurs sont peut-être un peu criardes, le son rappelle le grondement des canons de marine chaque fois qu'un rayon laser traverse l'écran comme un éclair et, malgré l'absence présumée d'atmosphère, les engins émettent un chuintement brutal lorsqu'ils exécutent des piqués inattendus.



Pac-man est un autre jeu d'imagination dont le héros est un personnage rond et jaune, qui grignote des points en parcourant les allées d'un labyrinthe. Il est poursuivi par trois fantômes qui vont le dévorer s'il ne fait pas attention, ou s'il ne réussit pas à les prendre par surprise au moment où ils se transforment en créatures inoffensives et vulnérables. Ce jeu simple et bon enfant est devenu extrêmement populaire. Il est distribué par une société qui a produit *La guerre des étoiles*, le plus grand succès de l'industrie du cinéma, et il semble que les recettes de *Pac-man* dépassent même celles du film.

Les *Envahisseurs venus de l'espace* et *Pac-man* ne sont que deux des exemples les plus connus des jeux vidéo que l'on trouve un peu partout dans les cafés, les snack-bars et les motels. Ils tapissent les murs des galeries de jeux scintillantes où l'on peut entendre des explosions assourdies, des grincements de tôle froissée, le vrombissement d'engins futuristes et d'autres effets sonores électroniques. Lorsque, dans une ville, on passe devant un de ces petits « enfers du jeu » on est parfois frappé par l'intense concentration qui se lit sur le visage des joueurs qui, en communication avec le seul écran vidéo, mènent une guerre du futur ou luttent contre des ennemis imaginaires.

La fascination peut même tourner à l'obsession, voire à l'intoxication. La Suède a dû fixer un âge minimal pour la pratique des jeux vidéo, afin de ne pas exposer les jeunes enfants aux tentations d'un monde électronique factice.

Les jeux vidéo apportent une nouvelle dimension

Il est peut-être difficile de comprendre pourquoi ces jeux sont si fascinants ; en tout cas, aucune explication logique ne s'impose à priori. De tout temps, les jeux automatiques ont présenté un certain attrait, depuis les automates

du Moyen Age et les jardins animés jusqu'aux *flippers* de nos cafés, en passant par les machines à sous qui faisaient rire l'image du marin ou s'agiter des fantômes. Mais les jeux vidéo électroniques ont apporté aux jeux automatiques une nouvelle dimension, dont on peut citer trois aspects.

Premièrement, les jeux sont interactifs. Dans les jeux plus anciens, comme les *flippers*, l'élément « interactif » était créé par une bille d'acier ou une pièce mécanique analogue. Quand la bille roulait le long du plan incliné elle faisait retentir des sonneries et libérait des ressorts, donnant l'impression d'une interaction avec le jeu lui-même. Mais dans les jeux vidéo informatisés l'interaction est une forme de dialogue avec la machine. Chaque phase du jeu sera différente, mais ce n'est pas uniquement le hasard, comme dans le *flipper*, qui commande la trajectoire suivie par le projectile. Celle-ci est déterminée, dans une large mesure, par les choix du joueur, et le jeu lui-même réagit à cette information. Le joueur a ainsi davantage le sentiment d'être activement présent dans la réalité fictive du jeu.

Deuxièmement, le graphisme est beaucoup plus vivant et varié, du fait qu'il est créé par l'ordinateur. Avec la projection récente du premier film de dessin animé composé par ordinateur, nous avons une idée des ressources dont l'écran vidéo bénéficiera demain. Les personnages seront plus détaillés et clairement dessinés, ils seront animés d'un mouvement continu et, bien entendu, ils seront capables de grogner, de hurler et même de parler selon les péripéties du jeu. Ces jeux sont en train de devenir une espèce de roman d'aventure en bande dessinée, informatisé et interactif.

Troisièmement, ces jeux vont bientôt se répandre partout. Les *flippers* et jeux analogues se cantonnaient aux bars et aux galeries de jeux, alors que l'implantation des nouveaux jeux informatisés semble ne devoir connaître aucune limite. Ils ont déjà conquis les galeries de jeux et les bars. Ils peuvent être achetés sous forme d'accessoire fonctionnant en liaison avec le poste de télévision familial. Ils deviennent partie intégrante de l'informatique à domicile. Les appareils portatifs qu'on trouve sur le marché comprennent des jeux d'échecs ou de bridge en trousse de voyage. Ces jeux sont même incorporés dans des bracelets-montres à affichage numérique, ce qui permet de tuer le temps dans les aéroports en jouant aux *Envahisseurs venus de l'espace*.

Finalement, tout indique que le progrès technique va se poursuivre. On trouvera bientôt des écrans vidéo plats et multicolores, l'image sera plus nette et le logiciel va devenir beaucoup plus complexe.

Si l'on pouvait concentrer en un seul appareil le pouvoir d'attraction des mots croisés, des échecs, du bridge, des bandes dessinées, des romans d'aventure et du bowling, il ne faudrait pas s'étonner de voir une grande partie de la population devenir irrésistiblement fascinée par cet appareil. Or non seulement le jeu vidéo est déjà un mécanisme de ce genre, mais il possède en outre deux caractéristiques importantes : l'interaction et la complexité. Les activités de loisir ont une incidence considérable sur l'ensemble de la société, et l'on peut s'attendre à voir les jeux vidéo exercer un impact comparable, voire supérieur à celui de la télévision.

L'aventure à la carte

L'aperçu qui précède a pu donner l'impression que les jeux vidéo sont une drogue, une espèce de force destructrice appelée à faire des ravages dans la société. Peut-être est-il toujours plus facile de voir les aspects négatifs des

nouvelles applications. Parmi les possibilités qu'elles offrent, celle de gagner de l'argent rapidement est sans doute la première à être exploitée, tandis qu'il est plus difficile de prendre conscience des autres. Afin de donner une idée d'au moins une de ces autres possibilités, nous évoquerons le jeu intitulé *Aventure*, qui fait partie d'une série de jeux de simulation électronique qui a acquis une très grande faveur. Il ne s'agit pas tant d'un jeu vidéo que d'une sorte d' « aventure à la carte ».

Le jeu commence par décrire une scène. Le joueur se trouve au bout d'une route devant un petit bâtiment en brique entouré de forêt de toutes parts. Il doit alors décider ce qu'il veut faire ; le jeu accepte des ordres très divers émis dans une version simplifiée d'une langue naturelle. Ainsi, si le joueur décide de pénétrer dans le bâtiment, il donne l'ordre d' « entrer ». L'appareil fait entrer le joueur et lui décrit l'intérieur du bâtiment, y compris des objets jetés par terre. Le joueur peut ramasser ces objets en donnant un ordre tel que « prendre les clés », dans l'espoir qu'elles lui seront utiles plus tard. Et de fait elles le seront, car après avoir erré dans la forêt il atteindra un portail fermé qu'il devra ouvrir avec ces clés et franchir pour pénétrer dans une grotte merveilleuse recelant des trésors dont on peut s'emparer.

Ce jeu n'est guère différent, dans son principe, des autres jeux vidéo. Il ne présente pas des scènes animées sur l'écran, mais l'histoire est racontée par écrit à peu près comme dans un livre, sous forme d'un texte subdivisé en paragraphes. Il est toutefois bien plus complexe que les jeux vidéo habituels ; c'est un dédale faisant apparaître des scènes de combat et de sorcellerie. Il est devenu très populaire, à tel point que les ordinateurs qui le proposent sont souvent pourvus d'un minuteur limitant le temps de jeu, car certaines personnes seraient tentées de jouer indéfiniment.

« Un jardin aux sentiers qui bifurquent »

En fait, *Aventure* nous fait passer du jeu vidéo au domaine du roman interactif. Le roman classique ne suit qu'une seule trajectoire, dont le déroulement est dicté par le cheminement de l'œil sur une ligne imprimée, de gauche à droite, de la première page à la dernière. La structure du roman n'est donc qu'une longue ligne qui a un début et une fin. *Aventure* propose la gageure de briser cette structure linéaire pour présenter le roman comme un labyrinthe, une grille à choix multiples ou, pour reprendre le titre d'une nouvelle de Jorge Luis Borges, « un jardin aux sentiers qui bifurquent ». Le lecteur est guidé, tout en étant libre de faire son propre choix dans les limites imposées par l'auteur. Cela veut dire que l'auteur partage littéralement avec le lecteur la responsabilité du développement de l'intrigue.

Bien entendu, cela ouvre tout un domaine nouveau au roman, qui peut être une palpitante histoire comme *Aventure*, ou une chose plus sérieuse comme l'histoire du couple dans laquelle l'intrigue progresse non seulement à travers les événements inventés par l'auteur, mais aussi grâce aux choix exercés par le lecteur. Celui-ci peut ainsi revenir sur un incident, se corriger et tenter de parvenir à une fin plus heureuse!

Les perspectives ouvertes par cette façon de concevoir le roman apparaissent aussi dans le cas du roman policier, le « polar » sans prétentions. Le roman s'ouvre sur une énigme à élucider et place le lecteur dans la peau du détective. Pour commencer son enquête, il peut ordonner une autopsie, une analyse de laboratoire, une arrestation, etc. Il peut ensuite interroger

des gens, inspecter des lieux suspects ; toutes les activités du détective sont à sa portée. En outre, le jeu se passe en temps réel : un interrogatoire peut durer une heure ou deux, la nuit tombe pendant un voyage, ou bien l'on découvrira une nouvelle victime. Le programme comportera même des phénomènes météorologiques, choisis au hasard, qui rendront les routes impraticables ou immobiliseront les avions au sol pendant un certain temps.

Le déroulement de l'intrigue présente des possibilités quasi illimitées. Si cette histoire assez simple est facile à développer en quelques paragraphes, étant donné notre compréhension encore limitée des méthodes dont il s'agit, imaginez ce que le roman interactif pourrait devenir dans quelques dizaines d'années, lorsque des écrivains d'une certaine envergure s'essaieront à ce nouveau mode d'expression!

L'environnement informatisé débouche sur un réseau mondial

Mais la portée du jeu va au-delà des *Envahisseurs venus de l'espace* et du roman interactif. Un jeu, c'est aussi une activité sociale ; les clubs de personnes qui s'intéressent à un même sujet sont une forme d'activité de loisir. L'environnement informatisé suscitera probablement une nouvelle prolifération de ces groupes à mesure que l'ordinateur individuel sera relié à des réseaux de communication fonctionnant au moyen du téléphone automatique. De toute évidence, le progrès rapide de la technique des télécommunications, stimulé par les systèmes à satellite et l'application des fibres optiques, fera de l'ordinateur individuel de demain un maillon d'un réseau mondial de télécommunication.

Ces systèmes faciliteront l'échange de messages, entraînant les plus larges contacts entre personnes partageant un même domaine d'intérêt. Cela contribuera à la formation de clubs dont les membres, sans jamais se rencontrer, échangeront des messages, des informations et des observations. Ainsi, des gens qui s'intéressent à un sujet rare et limité à quelques initiés pourront communiquer facilement entre eux, alors qu'aujourd'hui ils en sont empêchés par des obstacles matériels tels que la distance ou l'absence d'un lieu de rencontre approprié.

Comment évaluer l'incidence sur la société de groupes d'intérêt aussi restreints, dont les membres sont disséminés dans différents pays ? Il convient de noter à cet égard que si les médias ont été obligés jusqu'à présent de produire pour le plus grand nombre, les réseaux de communication informatisés pourront s'adresser au spécialiste, et pourraient donc bien encourager l'individualisation plutôt que l'uniformisation.

Des bibliothèques à portée de la main

Les réseaux de communication informatisés permettront aux ordinateurs individuels non seulement de communiquer entre eux, mais encore d'avoir accès aux bases de données déjà en place. Celles-ci pourront fournir des renseignements sur n'importe quel sujet : météorologie, nouvelles d'actualité, travaux de recherche, documents officiels, encyclopédies, droit, etc. On pourra consulter des bibliothèques entières en appuyant sur une touche.

Il est encore impossible d'évaluer l'incidence de ce phénomène sur la société et sur l'individu. Une imprimante à laser reproduira à domicile n'importe quelle publication en quelques minutes. Veut-on connaître

toutes les critiques écrites sur le dernier roman de Doris Lessing ? Il suffira de dactylographier la demande sur un clavier, et le système choisira les critiques dans les bases de données de la presse du monde entier ; il les rassemblera, les indexera et les reproduira sur l'imprimante individuelle, à l'aide de caractères perfectionnés, à la vitesse d'environ 100 pages par minute. L'incidence que ce procédé aura — à brève échéance — sur l'industrie de l'édition est évidente, mais ses effets sur le reste de la société sont moins faciles à prévoir.

Une influence libératrice

Notre société privilégie les faits. On attribue de la valeur aux connaissances factuelles. Un homme doué d'une mémoire encyclopédique est considéré comme savant. Mais à l'avenir il n'en ira peut-être plus ainsi. Nous deviendrons peut-être une société axée sur l'interrogation. Si vous savez poser la bonne question, le système sera prêt à vous répondre. Les faits auront moins de valeur et la « connaissance de l'ignorance » deviendra très prisée. L'expert sera celui qui se rend compte de ce qu'il ignore, et non celui qui sait tout ! Certes, ces réseaux de communication informatisés et leurs banques de données pourraient devenir la proie de « maniaques de la connaissance » que rien n'empêcherait d'assouvir leur curiosité abusive concernant le contenu de rapports scientifiques, d'archives historiques ou de documents officiels.

Néanmoins, cela ne doit pas nous faire perdre de vue que les réseaux de communication informatisés pourront encourager la profondeur plutôt que la superficialité, et répondre à l'appétit de connaissance individuel plutôt qu'à l'appétit de la masse. Il est bien évident que ces nouveaux médias ont des caractéristiques différentes des médias actuels, notamment le pouvoir d'interaction avec l'usager et la possibilité de répondre à ses besoins particuliers. On peut donc espérer que les médias électroniques libéreront des ressources personnelles au lieu d'encourager la standardisation et l'uniformité.

Le central et le réseau

Toutes ces possibilités vont se réaliser à peu près dans le même environnement électronique. On pourra jouer aux jeux électroniques sur le même appareil que celui qui vous donnera accès aux bibliothèques ou vidéothèques. A domicile, l'appareil individuel ou familial sera une espèce de central électronique à tout faire (disques-télévision-stéréo-radio-mémoire-terminal d'ordinateur). Ces appareils seront ensuite reliés à un système informatisé dans lequel des vidéogrammes, des enregistrements sonores et des textes seront tous mis en mémoire par des procédés numériques et pourront être accessibles de l'un des nombreux endroits de la maison où ce sera nécessaire. L'extraction des données se fera vraisemblablement sur un écran de télévision plat de 2 × 3 mètres. Ces écrans, qui sont déjà au stade expérimental, donneront une reproduction de très haute qualité et l'illusion de la profondeur. En dehors des périodes d'utilisation, ils se prêteront parfaitement à la projection de vos tableaux préférés. Ces appareils individuels ou familiaux permettront de jouer à de nombreux jeux vidéo passionnants, de participer à la création de romans interactifs et de communiquer avec des personnes ou des banques de données du monde entier.

Nécessité d'une politique d'utilisation des médias

Cette image de l'avenir peut paraître optimiste ou pessimiste, en fonction d'un certain nombre de données. L'essentiel est que nous ayons la volonté d'employer les nouveaux médias de manière judicieuse, pour être mieux informés, mieux avertis sur le plan politique et pour participer davantage à une réalité de plus en plus complexe.

Une évolution positive est possible, mais à condition de ne pas négliger certaines questions de principe. En effet, en l'absence d'une politique active à l'égard des médias, les *Envahisseurs venus de l'espace* envahiront notre salon et asserviront l'imagination des individus, faisant d'eux des drogués de l'aventure factice et les aliénant davantage encore du monde réel. Nos écrans de télévision panoramiques deviendront les murs d'une prison, une cage informatisée dont on ne pourra pas s'échapper. L'homme deviendra encore plus isolé de ses semblables, éludant les difficultés et les frustrations de la vie réelle et préférant se donner un rôle dans le monde illusoire des jeux électroniques. En outre, sans une politique consciente et active, le développement des mass media électroniques ne servira qu'à durcir et renforcer les structures de pouvoir de notre société, tant au niveau national qu'international. Et, bien entendu, la passion dévorante des jeux vidéo et des gadgets électroniques sera le fléau des pays à technique avancée, alors que les possibilités de ces médias pourraient être une bénédiction.

Conclusion

Il est exaltant d'entrevoir les possibilités de l'ère de l'électronique, de comprendre que les jeux vidéo ne sont pas simplement un nouveau gadget, mais quelque chose d'essentiellement différent, qui pourrait nous apporter de précieux avantages. Il est exaltant de voir apparaître, avec l'environnement électronique, un nouvel état d'esprit qui pourrait sortir l'individu de son obscurité et lui donner une meilleure prise sur son destin. Mais ces changements favorables ne se produiront que si nous réussissons à intégrer l'environnement électronique dans une politique des médias bien conçue. ■

Un bruit qui fait le tour du monde

Un riche homme d'affaires de Manille eut un jour une inspiration. Il avait un fils de dix-sept ans tellement passionné par les jeux vidéo qu'il n'allait plus à l'école et refusait même de voir ses amis. Pourquoi ne pas chercher à tirer profit de cette passion en ouvrant une boutique de jeux dont il serait le gérant ? « Alors, rappelle cet homme, ma femme est intervenue et m'a demandé si j'avais songé au nombre de jeunes gens et de jeunes filles que je mènerais à leur perte si je donnais suite à mon projet. » Cette mère n'est pas la seule à s'inquiéter de la popularité et des conséquences désastreuses des jeux vidéo. Cédant aux pressions des parents, le président des Philippines, Ferdinand Marcos, a annoncé en novembre dernier qu'il donnait aux propriétaires de presque toutes les machines vidéo du pays deux semaines pour les détruire.

Cette décision était un remède plutôt radical contre le virus des jeux vidéo. Dans tous les autres pays du monde, le *bip bip* continue. De Sydney à Stockholm, ce bruit caractéristique fait le tour du monde et il n'est pas toujours apprécié. Dans certains pays d'Europe occidentale, les jeux vidéo posent un problème de société. A Amsterdam, les jeunes habitués qui se pressent en foule dans les boutiques de jeux vidéo sont la proie d'homosexuels adultes à la recherche d'une aventure et qui espèrent arriver à leurs fins en leur payant quelques parties. On aurait d'ailleurs tort de croire que ces jeunes sont totalement innocents. Le jeudi, jour où les magasins restent ouverts tard le soir, il n'est pas rare de les voir s'attaquer aux passants, les frapper et les voler pour pouvoir satisfaire leur passion du jeu. Certains de ces jeunes voyous ont même avoué sans s'émouvoir qu'ils étaient allés jusqu'au meurtre. A Stockholm, les jeunes clients de Fonzies, une boutique de jeux avec accompagnement de rock et production de films à caractère sadique, avaient l'habitude, après la fermeture, d'envahir les rues et les couloirs du métro et de terroriser les passants. Fonzies a fermé ses portes l'été dernier, mais les galeries marchandes connaissent toujours un grand succès, tout comme les jeux installés dans les stations-service, les restaurants et même certains établissements scolaires. Au printemps prochain, le Parlement suédois doit être saisi d'un projet de loi qui demandera probablement une réglementation plus sévère concernant l'octroi de licences aux boutiques possédant plus de trois machines de jeux.

Le problème est en général moins grave dans les autres pays européens. Au Royaume-Uni, il semble que la vogue des jeux vidéo soit en baisse et les fléchettes occupent de nouveau la première place dans les pubs de Londres, un moment envahis par les jeux du type *La guerre des étoiles*. En République fédérale d'Allemagne, l'accès aux boutiques de jeux vidéo est interdit aux moins de dix-huit ans, et aux moins de seize ans en France, sauf s'ils sont accompagnés par des adultes. Les jeunes que les machines fascinent doivent se rabattre sur les stands de

démonstration des grands magasins où les jeux sont vendus en kit. Aux Galeries Lafayette de Paris, les jeunes qui se pressent aux stands de démonstration des jeux vidéo sont si nombreux que les vendeurs peuvent à peine se déplacer. Les prix sont élevés (en France, le modèle de base des machines à utiliser chez soi coûte environ 1 500 francs, et le prix des cassettes peut atteindre 400 francs). Mais cela n'empêche pas de nombreuses familles, en France, en République fédérale d'Allemagne et en Autriche, d'acheter. Des vendeurs astucieux soulignent la valeur éducative de ces machines (jeux mathématiques, apprentissage des langues, techniques sportives) et ils ajoutent que l'apprentissage a lieu en famille.

Dans la plupart des pays, l'utilisation chez soi de ces appareils est peu de chose à côté de la popularité des entreprises commerciales de jeux électroniques. Au Japon, où depuis longtemps les *Envahisseurs venus de l'espace* sont considérés comme de simples étrangers à traiter par le mépris, Shinjuku, le quartier de Tokyo consacré aux distractions, a vu surgir une pléthore de nouvelles boutiques de jeux dont le nombre dépasse de loin celui des boutiques de *pachinko* que l'on trouvait partout autrefois. Un jeu, qui a reçu le nom bizarre de *Donkey Kong*, fait fureur actuellement. Le joueur essaye de sauver une jolie blonde des griffes d'un monstrueux gorille. Il y a plus inquiétant : de nouvelles versions électroniques du *mah-jong* et du *poker* où certains joueurs risquent, dit-on, jusqu'à 10 000 dollars en un mois.

Dans les autres pays, les dépenses en roupies, pesos, escudos, pesetas et autres monnaies sont plus modestes. A Quito (Équateur), où la première boutique de jeux vidéo a ouvert ses portes à la fin de l'année dernière, on peut voir de jeunes Indiens des Andes, avec leurs longues *trenzas* traditionnelles, affronter par écran interposé des créatures malveillantes venues des galaxies. Il n'est guère de ville de Galilée, grande ou petite, qui ne compte au moins un appareil de jeux vidéo autour duquel se pressent de jeunes Arabes fascinés. Mais, en Israël, les gérants de boutiques de jeux sont confrontés à un problème particulier. Cela tient-il à leur préparation militaire précoce ? Toujours est-il qu'il suffit d'un mois aux jeunes Israéliens pour assimiler un jeu électronique, alors que, dans d'autres pays, l'intérêt manifesté pour un jeu peut durer jusqu'à cinq mois. En effet, dès qu'on en a maîtrisé les combinaisons, le jeu perd de sa fascination et les recettes diminuent en conséquence.

Les jeux vidéo n'en sont pas moins une source de profit quasi universelle pour les fabricants comme pour les utilisateurs. En Inde, le principal fabricant de machines et propriétaire de galeries marchandes, Weston Electroniks Ltd. de New Delhi, possède 85 boutiques de jeux disséminées dans tout le pays et qui abritent plus de 700 machines. Bien que le prix d'une partie soit relativement bas (une roupie, soit 60 centimes environ), la recette journalière moyenne oscille entre 90 et 150 francs par machine. Dans tout le Tiers Monde, un nombre croissant de machines vidéo

sont de fabrication locale en raison de la hausse du prix des importations. Dans les villages de Taïwan, les jeunes jouent sur des machines qui sont des copies fidèles de modèles japonais. En interdisant les importations de machines, le Brésil a encouragé la naissance d'une industrie locale qui fabrique des jeux vidéo portant des noms anglais, tels que *Super Bug*, *Aster Action* et *Munch Man*.

Les anecdotes sur cette vidéomanie universelle sont innombrables. Dans le quartier des affaires de Rio de Janeiro, un jeune garçon de courses arrive ponctuellement tous les jours quelques minutes avant l'ouverture de la galerie marchande Playtime où il passe environ une demi-heure avant de se rendre à son travail : il dépense ainsi plus du quart de son salaire mensuel, qui est d'environ 600 francs. A Bogotá, les jeunes qui vendent des cigarettes de contrebande dans les rues engloutissent une bonne partie de leurs gains dans les jeux électroniques. En Australie, les « fans » s'inscrivent à des clubs qui éditent des bulletins et organisent des rencontres où l'on compare les scores et les performances.

Devant cet engouement, il semble à peine nécessaire de défendre les jeux. Pourtant, un ingénieur mexicain, M. Roberto Cárdenas, âgé de trente-huit ans, qui fréquente régulièrement Chispas (étincelles), la galerie marchande à la mode de Mexico, fait observer que le mode d'emploi de la plupart des machines est rédigé en anglais et il déclare : « Il y a peut-être là une expérience éducative pour des gens qui veulent pratiquer leur anglais. Si vous ne comprenez pas les instructions, vous devez demander le sens d'un mot ou vous représenter ce mot. » Un membre du personnel de Chispas chargé de l'entretien des machines rétorque : « Si vous savez jouer, vous savez jouer dans n'importe quelle langue. »

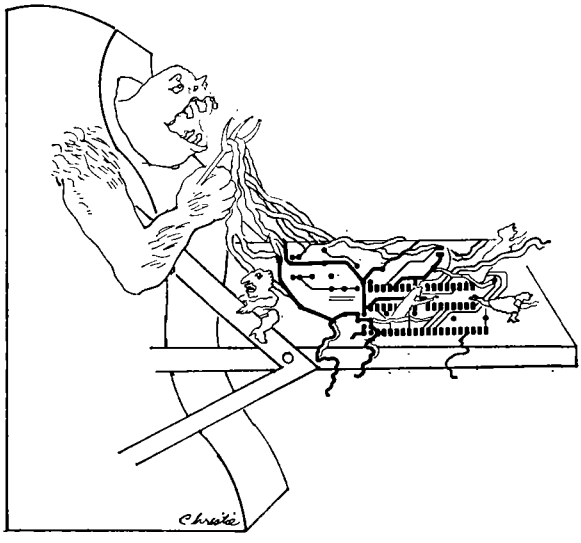
C'est peut-être en Afrique du Sud que la révolution des jeux vidéo a porté ses fruits les plus inattendus. Dans ce pays, on trouve des jeux vidéo presque partout : boutiques spécialisées, pâtisseries, supermarchés, hôtels, et au voisinage des cafés. Il n'existe aucune installation distincte, ni aucun règlement ou autre discrimination raciale pour empêcher les gens de se réunir autour des écrans. Pourtant, même en Afrique du Sud, le progrès se paye. Les jeux vidéo ont fait leur apparition dans le plus grand centre commercial de Soweto, commune pauvre habitée par des Noirs, et c'est l'une des premières conséquences de l'électrification de cette ville. ■

© 1982 Time Inc. Tous droits réservés. Reproduit avec l'aimable autorisation de *Time*.

Si les étudiants ont souvent du mal à résoudre les problèmes complexes, ce n'est pas tant faute de manier les mathématiques avec assez d'aisance que parce qu'ils sont incapables de visualiser les problèmes, de les traduire en images tangibles. Or les jeux vidéo peuvent les aider à y parvenir et, partant, à mieux résoudre ces problèmes. Le lecteur est invité à suivre une démarche heuristique pour la programmation d'un jeu de ce genre.

Les jeux vidéo apprennent à résoudre les problèmes

James Clayson



James Clayson engage à nouveau le lecteur à « essayer par lui-même » de découvrir quelques-unes des vertus de l'ordinateur. Il avait déjà plaidé en ce sens dans un précédent article paru dans impact, *vol. 31, n° 4, octobre-décembre 1981. On peut le joindre à l'adresse suivante : 42, rue de Bruxelles, 75009, Paris (France).*

... L'importance pour la pensée créatrice de ce domaine où l'art et la science se confondent a été bien soulignée par les grands savants-philosophes du XX^e siècle, Bohr, Einstein, Poincaré. Bien souvent, en effet, les frontières entre les disciplines s'effacent dans leurs recherches et leur démarche n'est ni celle de la logique déductive ni celle de l'induction exclusivement fondée sur les données empiriques, mais relève de la vision et de l'esthétique[1].

Les jeux aident à visualiser les problèmes

L'enseignement de la recherche opérationnelle m'a donné l'occasion de constater que les élèves qui éprouvent des difficultés à structurer les problèmes complexes sont moins gênés par leur manque d'agilité dans le maniement des mathématiques que par l'incapacité de construire des modèles qu'ils puissent visualiser. Cette impuissance à figurer un problème par des images concrètes fait qu'ils se laissent submerger par ses ambiguïtés et sa complexité. Face à de tels blocages, j'ai utilisé avec un certain succès des jeux électroniques pour aider ces élèves à donner une forme au problème considéré avant de pouvoir l'explorer dans ses diverses dimensions. Le jeu sur ordinateur les fait en effet passer par certaines des étapes que comporte la recherche d'une solution chiffrée d'un problème. Mais, comme il s'agit d'un jeu devant lequel ils sont relativement détendus et débarrassés de leurs inhibitions, ils ne font bien entendu aucun lien entre ces activités et un exercice scolaire. La leçon à en tirer est que les jeux peuvent être utiles pour « apprendre » aux élèves à visualiser un problème et à manipuler ensuite ses éléments, c'est-à-dire à jouer avec eux de manière créative.

La *Guerre des robots* est l'un de ces jeux[2]. Elle simule une bataille entre des robots dont chacun peut se mouvoir sur l'écran, chercher à localiser ses adversaires à l'aide d'un radar et les attaquer avec un lance-fusées. Chaque fusée se déplace sur l'écran et explose en un point déterminé par le robot. A mesure que le jeu progresse, les robots accumulent les dégâts : impact de fusée, collision avec un autre robot ou avec une paroi jusqu'au moment où ils sont éliminés. Le vainqueur est le dernier robot survivant sur le champ de bataille.

Les mouvements sur l'écran ne sont pas aléatoires. Ils sont le résultat d'un programme écrit par le ou les joueur(s), qui permet de commander individuellement jusqu'à cinq robots dans leurs mouvements et leurs réactions. Le novice ignorant généralement à l'avance quelle sera la stratégie la plus efficace, il en est réduit au début à la pure conjecture. En revanche, une fois l'expérience, c'est-à-dire la bataille, engagée, il peut modifier et améliorer sa démarche en fonction de ce qu'il voit sur l'écran. C'est là une parfaite illustration de la méthode heuristique de résolution des problèmes, la plus efficace à mon avis lorsqu'il s'agit de structurer des situations difficiles et complexes[3].

L'heuristique incite à chercher

Le terme heuristique vient du verbe grec *heuriskein* (découvrir). Il a été forgé au XIX^e siècle pour décrire toute notion ou toute démarche empirique grâce à laquelle quelqu'un arrive à trouver seul la solution d'un problème. Le lecteur se demandera peut-être pourquoi je ne parle pas à ce propos des algorithmes. Ce sont certes des outils précieux pour trouver la réponse optimale à des problèmes qui se prêtent à une formulation mathématique

impeccable, mais il n'est pas réaliste d'attendre d'élèves déjà déconcertés par les ambiguïtés et les contradictions apparentes de la situation à traiter qu'ils soient capables de parvenir à une définition rigoureuse du problème.

L'heuristique, d'autre part, encourage l'élève à explorer les ambiguïtés d'une situation, comme il le fait dans la *Guerre des robots*, jusqu'à ce qu'il en maîtrise assez bien les données pour se construire ses propres modèles. Cette démarche donne la priorité à l'effort personnel de structuration et de définition des problèmes sur la solution de problèmes « bien posés » par autrui. Elle possède en outre l'avantage d'aller à l'encontre d'une tendance naturelle — fruit de longues années de scolarité — à croire que question et réponse sont l'une et l'autre bien tranchées. Malheureusement, en effet, il en va rarement ainsi dans la vie. La plupart des problèmes auxquels l'élève se heurtera dans sa vie professionnelle — pour ne rien dire de sa vie personnelle — seront embrouillés et mal définis. Il saura d'autant mieux les traiter que ses études l'auront mieux aidé à acquérir l'aisance et les automatismes nécessaires.

L'observation de schémas différents

Dans la *Guerre des robots*, le joueur a la possibilité d'observer cinq robots programmés de manière indépendante, dont les stratégies ont été prédéterminées par l'auteur. Ce faisant, il va commencer à discerner des irrégularités dans leur comportement : celui-ci, par exemple, ne fait absolument rien ; un autre se déplace, mais cherche les robots ennemis en faisant tourner méthodiquement son radar dans le sens des aiguilles d'une montre et tire dès qu'il en détecte un, un autre encore se précipite au bas de l'écran puis va et vient entre ses deux bords tout en le balayant au radar et tire sur tout robot qu'il localise.

Ce que le joueur observe, ce sont cinq techniques heuristiques de combat, toutes différentes. Mais il est impossible de prédire dès l'abord l'efficacité à long terme d'une stratégie déterminée et il doit donc étudier la scène un certain temps pour comprendre pourquoi certaines fonctionnent mieux que d'autres. Les élèves sont toujours étonnés de constater que le résultat n'est pas celui qu'ils escomptaient, mais c'est précisément pour cette raison que ces jeux sont si instructifs : ils sont amusants, ils permettent aux joueurs de visualiser le problème, ils encouragent l'expérimentation et, par tâtonnement, les élèves finissent par trouver une stratégie qui donne la victoire. Il va de soi que le joueur-élève peut utiliser un grand nombre de moyens différents pour atteindre son but. Pour gagner la *Guerre des robots*, il a le choix entre une attitude passive-défensive et une attitude agressive-offensive, ou une quelconque combinaison des deux. Ce qui compte, ce n'est pas la complexité de son programme, c'est sa capacité d'explorer différentes stratégies possibles jusqu'à ce qu'il trouve celle qui répond au plus grand nombre de comportements des robots ennemis. Voilà qui est évidemment plus facile à dire qu'à faire. Par où commencer pour lui faire essayer cette première démarche empirique personnelle ?

L'utilisation des jeux de rôles

J'ai obtenu certains résultats avec les jeux de rôles. Je dis aux élèves : « Supposez que vous êtes sur le champ de bataille à la place d'un des robots, regardez autour de vous et essayez d'imaginer ce que vous, robot, vous

"voyez". N'oubliez pas que vous n'avez pas d'yeux, mais seulement un système radar qu'il faut orienter et déclencher comme une caméra — l'œil s'ouvre et se ferme et ne voit que dans une seule direction. A la différence de l'homme, vous ne pouvez pas promener votre regard, ni d'un seul coup d'œil embrasser tout le théâtre des opérations pour localiser votre adversaire. Pourquoi ? Parce que vous devez "regarder" comme un robot — avec ses limitations.

» A présent, imaginez que vous vous déplacez. Que pouvez-vous "ressentir" ? Mais que peut donc "ressentir" un robot ? Oh! Ne vous jetez pas contre les parois! Maintenant, imaginez que vous venez d'être "touché" ; réagissez instantanément et instinctivement ; qu'allez-vous essayer de faire ? Courir, vous arrêter, vous cacher, riposter ? Comment traduiriez-vous ces impressions, d'abord sous la forme d'une méthode heuristique en langage courant, puis dans le langage robot ? Pouvez-vous appliquer une méthode empirique personnelle inspirée du sport ou du jeu, par exemple, de votre pratique du tennis, du squash, du poker, des échecs... ? Voyez-vous des méthodes de ce genre qui fassent intervenir l'opposition actif-passif, masculin-féminin, chercher - se cacher, etc. ? »

Pour passer de la méthode énoncée sous forme verbale aux mouvements effectifs des robots, il faut certaines capacités en matière de logique et de programmation. Il suffit de s'être essayé à la programmation pour savoir qu'il est exceptionnel qu'un programme fonctionne correctement du premier coup sans anicroche. Cela peut au demeurant être très instructif. La mise au point à laquelle on procède pour éliminer les erreurs qui se sont glissées (*debugging* en jargon informatique) permet parfois d'améliorer la définition du problème. Dans la *Guerre des robots*, le programmeur a l'avantage de pouvoir constater l'effet de chaque modification du programme sur le robot qu'il voit sur l'écran. Il peut donc corriger son programme par petites touches.

Le jeu de la *Guerre des robots* favorise l'intégration de la pensée visuelle et de la pensée abstraite pour résoudre un problème. Cela permet aux élèves de « s'échauffer » pour pouvoir explorer et expérimenter des démarches heuristiques dans d'autres situations.

Les jeux comme cadre d'apprentissage

Je me suis étendu sur la *Guerre des robots* pour montrer comment les jeux peuvent fournir à l'élève un environnement particulièrement favorable à l'apprentissage créatif. Mais ce jeu ne concerne qu'une situation particulière et limitée. Comment d'autres problèmes, de physique, de géométrie, de gestion opérationnelle ou d'urbanisme par exemple, peuvent-ils être imprégnés des mêmes qualités ludiques que l'atmosphère du jeu de telle sorte que l'élève soit finalement plus stimulé que submergé par leur complexité ?

Un exemple emprunté à la géométrie permettra de le montrer. L'élève est invité à imaginer qu'il se trouve devant l'extrémité d'un gros tuyau sortant d'un mur. On lui demande de placer un cylindre parallèlement à ce tuyau et de le faire tourner lentement autour de la circonférence de celui-ci. Le diamètre du cylindre est matérialisé par une ligne tracée sur son extrémité. L'élève doit décrire la figure formée par cette ligne lorsque le cylindre tourne autour du tuyau. (Voir la figure P-1 à la fin de l'article.)

Comme dans la *Guerre des robots*, la réponse n'est pas évidente au premier abord. L'élève doit jouer avec les formes et étudier les configurations pos-

sibles avant de commencer à comprendre le problème. Fort heureusement, il existe pour ceux qui s'intéressent aux problèmes de ce genre un langage d'ordinateur spécialement conçu à leur intention. Ce langage, appelé *LOGO*, est facile à comprendre, amusant à utiliser et assez adaptable pour permettre aussi bien le maniement des formes, des symboles et des mots que celui des notations mathématiques. En un mot, le *LOGO* permet à l'élève, à partir de ses méthodes empiriques personnelles, de construire son propre jeu pour structurer et manipuler des problèmes complexes[4].

Les *Graphiques Tortue*

Les *Graphiques Tortue* offrent un bon exemple des possibilités d'utilisation du *LOGO*. La tortue en question est matérialisée par un petit triangle de lumière au centre de l'écran, sur lequel des programmes écrits en langage *LOGO* permettent de la déplacer. Ces programmes comportent trois instructions fondamentales : *a*) avancer ou reculer de *x* unités ; *b*) tourner à

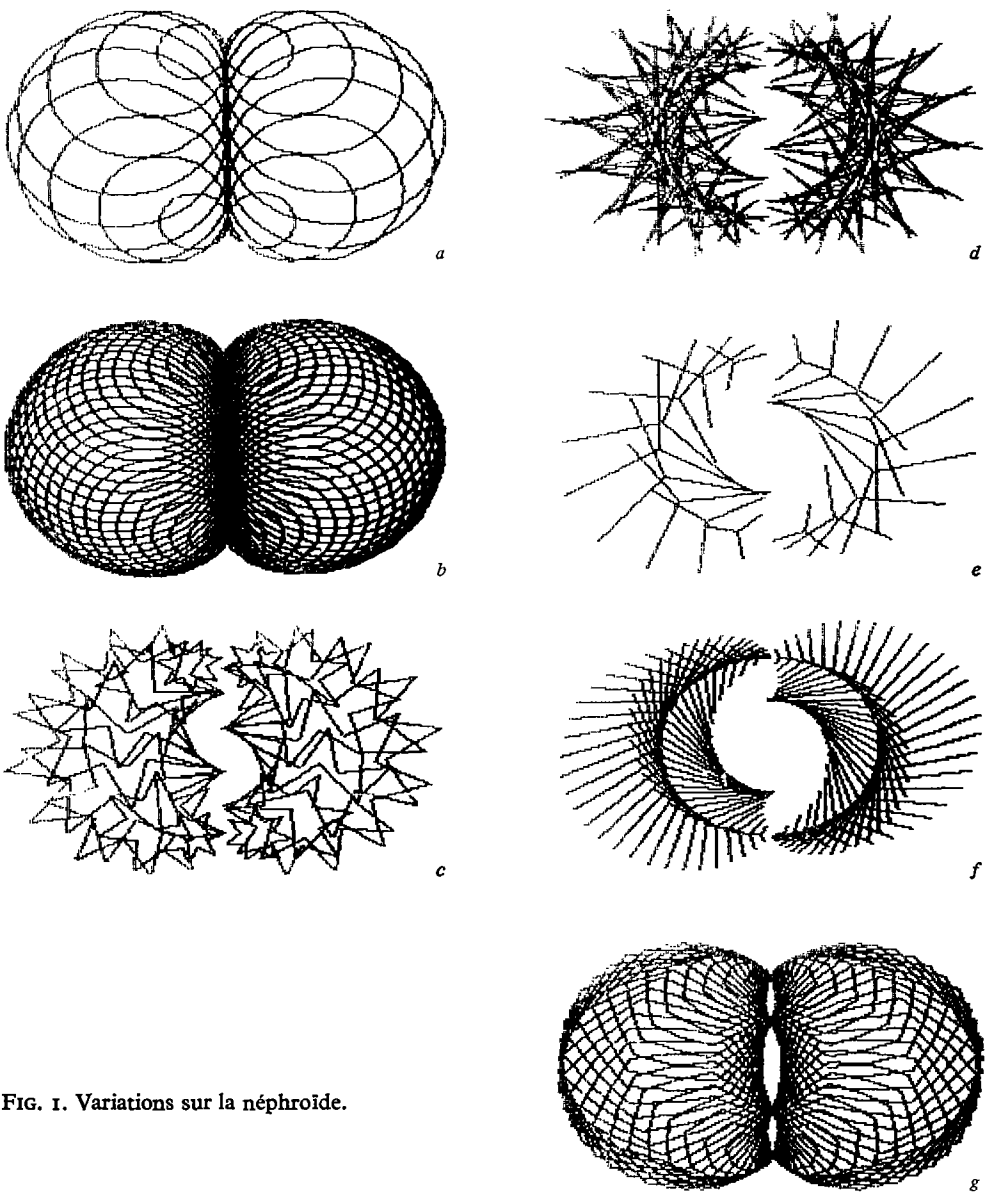


FIG. 1. Variations sur la néphroïde.

droite ou à gauche de *x* degrés ; *c*) matérialiser ou non le déplacement par une trace lumineuse sur l'écran. Le *LOGO* a cela de remarquable qu'il permet avec un nombre réduit d'instructions de sonder de nombreuses énigmes géométriques. Pour le prouver, il suffit de les appliquer à la forme que les géomètres appellent néphroïde (figure 1). Les schémas *a* et *b* montrent que la néphroïde est une courbe dérivée du cercle. Ce dernier est remplacé par une étoile dans les schémas *c*, *d*, *e*, *f* et par un polygone à six côtés dans le schéma *g* et l'analyse revêt un caractère tangible que la simple notation mathématique ne présente pas pour la majorité des gens. Mais comment les *Graphiques Tortue* en *LOGO* peuvent-ils être utilisés pour résoudre notre problème du tuyau et du cylindre ? Par où commencer ? Comme dans la *Guerre des robots*, le jeu de rôles peut être utile. L'élève commence par s'identifier à la tortue, qui peut à la lettre faire le tour du problème si on lui en donne l'ordre. Il suffit d'une technique heuristique pour faire démarrer la tortue. Comme dans la *Guerre des robots*, le programme choisi fonctionne rarement du premier coup, mais l'aspect ludique des *Graphiques Tortue* ayant excité sa curiosité, l'élève s'obstinera généralement jusqu'à ce qu'il ait trouvé une réponse. Le lecteur dont la curiosité personnelle serait maintenant éveillée trouvera à la fin de cet article une méthode heuristique particulière montrant comment il est possible de s'attaquer à l'énigme du tuyau et du cylindre avec le concours de notre amie la tortue (voir figure P-2).

Grâce à cette description de la stratégie retenue pour régler les mouvements de la tortue, la rédaction du programme d'instructions en *LOGO* est fort simple. Mais que faire ensuite de ce programme ? La figure P-3 montre comment la tortue a résolu pour nous le problème du tuyau et du cylindre.

Mise au point du programme pour éliminer les erreurs

Il est plus que probable que l'élève fera des erreurs en traduisant sa méthode personnelle en étapes du programme *LOGO*. Toutefois, comme dans le cas de la *Guerre des robots*, il lui sera d'autant plus facile d'éliminer les erreurs (*debugging*) qu'il a la possibilité de voir la tortue se déplacer sur l'écran en suivant le déroulement du programme dans sa totalité, y compris les erreurs (*bugs*). Cette opération, elle aussi, conduira à apporter des modifications à la définition du problème. Une fois la mise au point terminée, l'élève ne sera pas pour autant au bout de ses surprises. Ainsi, la figure ne se referme pas toujours lorsque le cylindre a achevé un tour complet du tuyau (voir la figure P-4), cela exige parfois plusieurs révolutions. Pourquoi ? Erreurs dans le programme ? Pas du tout, c'est exclusivement une question de dimensions relatives du cylindre et du tuyau. Ce programme *LOGO* permet heureusement à l'utilisateur de procéder à plusieurs expériences pour essayer de découvrir comment, en les modifiant, on ferme plus ou moins la figure. La longueur de l'arc parcouru entre deux arrêts successifs joue-t-elle un rôle quelconque à cet égard ? Une expérience fournit immédiatement la réponse.

Autre question : Que se passe-t-il si l'on trace un point au lieu d'une ligne sur l'extrémité du cylindre ? La figure P-5 montre la figure décrite par un point situé entre le centre du cylindre et sa circonférence, et la figure P-6, celle que décrit un point porté par un fil métallique à l'extérieur de la circonférence du cylindre. Autre question encore : Que se passerait-il si on faisait rouler le cylindre sur la surface intérieure du tuyau ? Les figures P-7, P-8, P-9 et P-10 représentent la révolution de plusieurs cylindres de diamètre différent à l'intérieur d'un tuyau.

Conclusion

J'espère, sans vouloir trop m'appesantir, que cet exemple aura montré qu'un environnement ludique est un auxiliaire pédagogique très utile. Nous avons vu comment la *Guerre des robots* encourage l'élève à jouer avec un problème en lui appliquant ses démarches empiriques personnelles et comment un langage machine comme le *LOGO* lui permet de franchir une étape supplémentaire et de construire son propre jeu. Nos expériences sur des figures géométriques paraîtront peut-être éloignées des situations de la vie réelle, les capacités qu'elles permettent d'acquérir ne le sont assurément pas. L'élève qui a saisi la dynamique du tuyau et du cylindre sera plus à l'aise pour percer des mystères aussi divers que ceux de la conception de machines, de la physique newtonienne, du dessin d'architecture ou des arts graphiques. En associant les constructions de la logique formelle à une démarche empirique spontanée qui peut à tout moment être mise à l'épreuve sur l'écran, le jeu sur ordinateur peut permettre des aperçus très intéressants sur la résolution des problèmes[5]. ■

Notes

1. Arthur Miller, « Visualization lost and regained: The genesis of quantum theory in the period 1913–1927 », dans Judith Wechsler, *On aesthetics in science*, p. 73-102, MIT Press, Cambridge (États-Unis d'Amérique), 1981.
2. Silas Warner, « Robot wars muse software », Baltimore, MD, 1981. Disponible seulement pour l'ordinateur personnel *Apple II*.
3. Pour une analyse plus approfondie des applications des modèles heuristiques simples, voir James Clayson, « La microrecherche opérationnelle : un outil de gestion simple pour les pays industrialisés ou les pays en développement », *impact*, vol. 31, n° 4, 1981, p. 447-462.
4. Le langage *LOGO* a été mis au point au MIT il y a quinze ans pour l'enseignement de la programmation aux très jeunes enfants. Sur l'histoire et la conception de ce langage, voir Seymour Papert, *Jaillissements de l'esprit : ordinateurs et apprentissage*, Paris, Flammarion, 1981 ; au niveau universitaire, on trouvera un exposé sur l'utilisation de la géométrie « Tortue » pour l'enseignement des mathématiques, jusques et y compris la théorie de la relativité, dans H. Abelson et A. di Sessa, *Turtle geometry: The computer as a medium for exploring mathematics*, Cambridge (États-Unis d'Amérique), MIT Press, 1981. Le système *LOGO* a été mis en œuvre sur un certain nombre d'ordinateurs individuels. Pour des informations à ce sujet (sources, disponibilité), voir le numéro d'août 1982 de *BYTE magazine* (Peterborough, N.H., États-Unis d'Amérique), qui est presque entièrement consacré au *LOGO* et à ses applications.
5. E. H. Lockwood, *A book of curves*, Cambridge, Cambridge University Press, 1963.

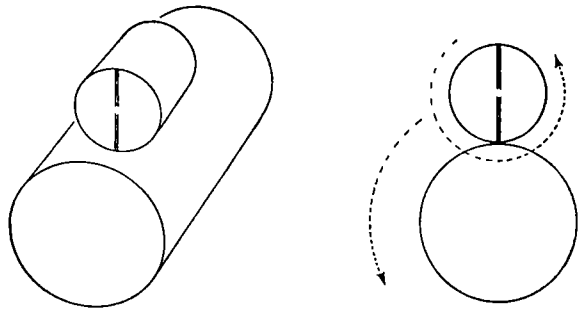


FIG. P-1. Position du cylindre sur le tuyau (vue en plan). Variations sur la néphroïde.

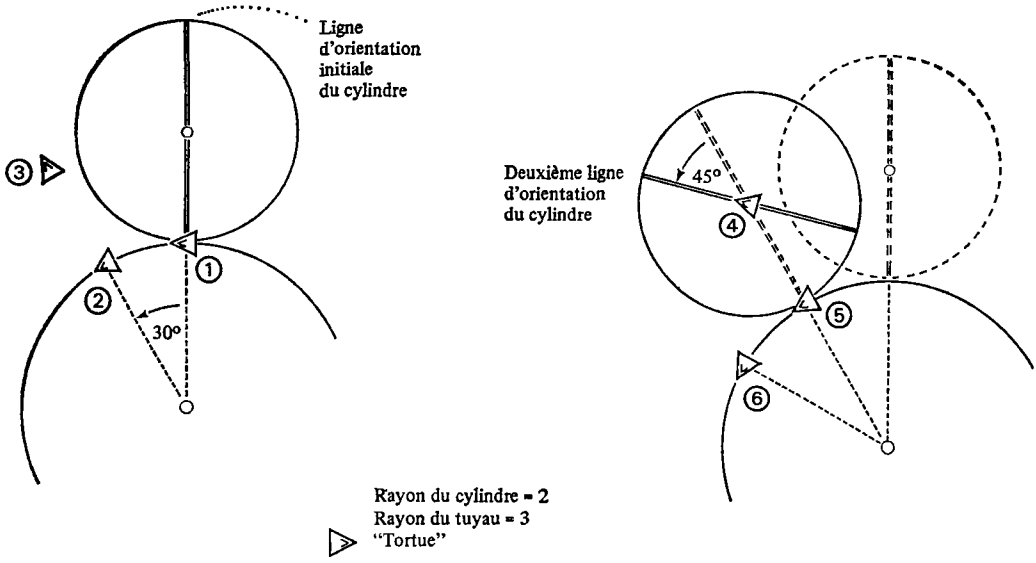
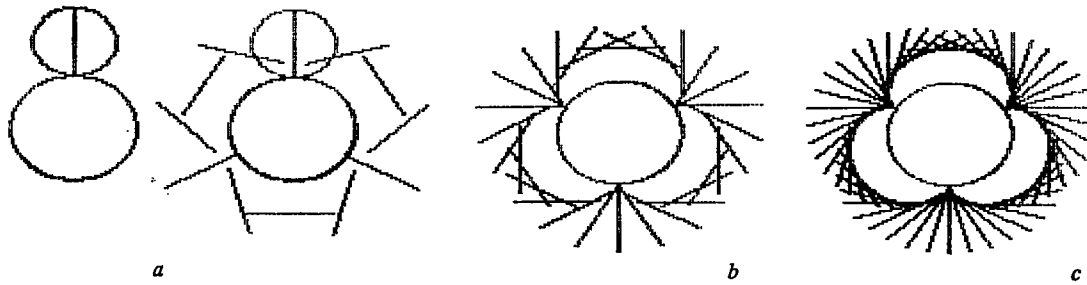


FIG. P-2. Solution du problème du cylindre et du tuyau par la méthode heuristique du *Graphique Tortue*.



a *b* *c*

FIG. P-3. Figures décrites par la tortue pour « résoudre » le problème du cylindre et du tuyau : *a*) la tortue s'arrête 12 fois en faisant le tour du tuyau ; *b*) la tortue s'arrête 30 fois ; *c*) la tortue s'arrête 60 fois.

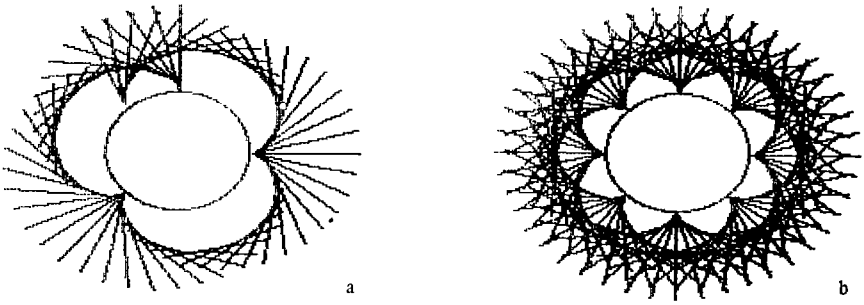


FIG. P-4. Exemple de figures qui ne se referment pas après une révolution du cylindre autour du tuyau : *a*) pas de fermeture après la première révolution ; *b*) aspect final de la figure fermée au bout de 3 révolutions.

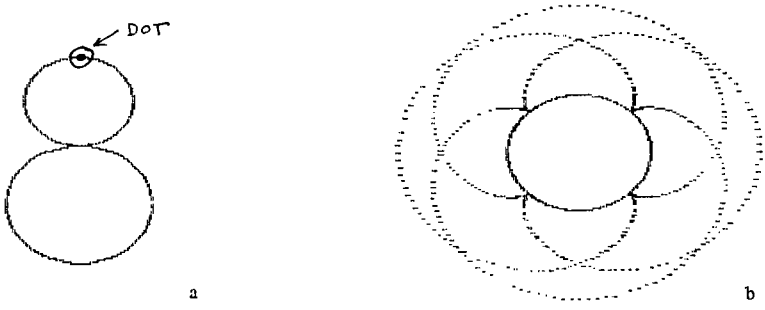


FIG. P-5. Figure décrite par un point situé sur le cylindre : *a*) disposition initiale ; *b*) figure décrite par le point.

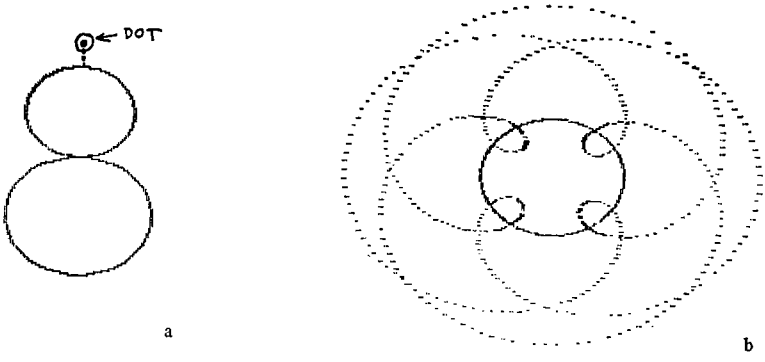


FIG. P-6. Figure décrite par un point situé à l'extérieur de la circonférence du cylindre : *a*) disposition initiale ; *b*) figure décrite par le point.

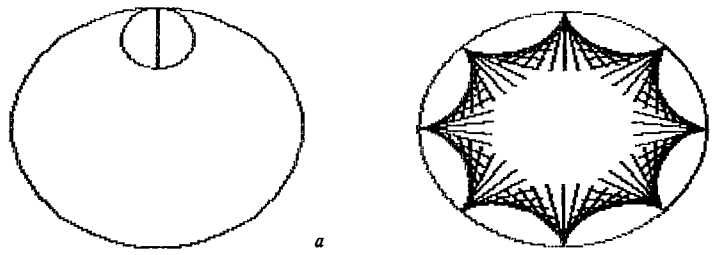


FIG. P-7. Figure décrite par une ligne tracée sur un cylindre roulant à l'intérieur du tuyau : *a*) disposition initiale ; *b*) figure décrite par la ligne.

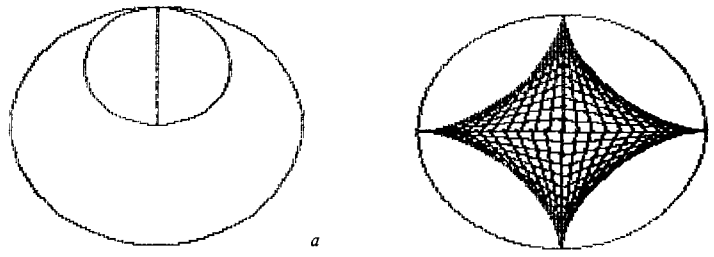


FIG. P-8. Autre exemple de figure décrite par une ligne tracée sur un cylindre roulant à l'intérieur du tuyau : *a*) disposition initiale ; *b*) figure décrite.

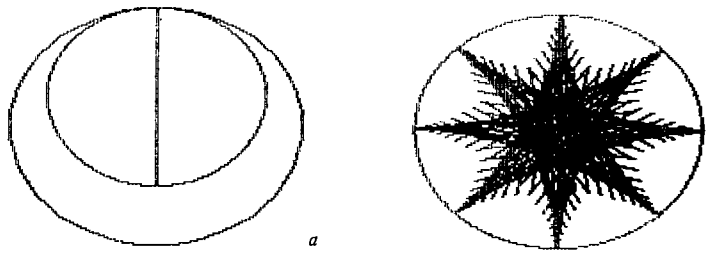


FIG. P-9. Autre exemple de figure décrite par une ligne tracée sur un cylindre roulant à l'intérieur du tuyau : *a*) disposition initiale ; *b*) figure décrite.

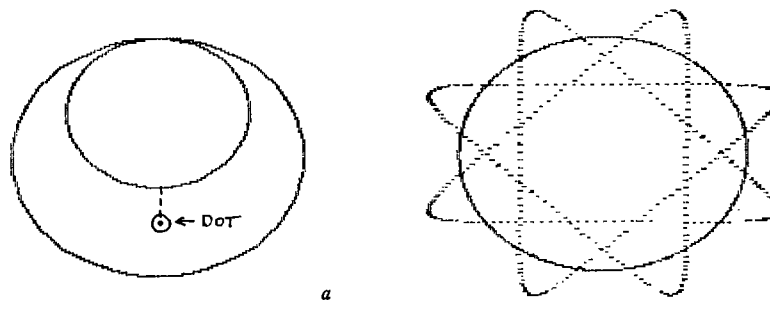


FIG. P-10. Figure décrite par un point situé à l'extérieur de la circonférence d'un cylindre roulant à l'intérieur du tuyau : *a*) disposition initiale ; *b*) figure décrite.

Un exemple d'heuristique : la solution du problème du tuyau et du cylindre à l'aide des *Graphiques Tortue*

Le problème peut s'énoncer comme suit.

Faire rouler par petites étapes le cylindre autour de la face extérieure du tuyau en sens inverse des aiguilles d'une montre. A chaque arrêt du cylindre, tracer une ligne correspondant exactement à la position du diamètre peint sur une des extrémités du cylindre. Si, par exemple, le cylindre est arrêté douze fois dans sa révolution autour du tuyau, il faudra tracer douze lignes marquant l'orientation de la ligne peinte sur le cylindre à chacun des douze points d'arrêt, un peu comme dans la technique de l'accéléré en photographie (voir la figure P-3 *a*).

La question est maintenant la suivante : Comment faire effectuer à la tortue des mouvements correspondant à chacune des étapes indiquées ci-dessus ?

Pour y répondre, nous nous reportons à la figure P-2 représentant un tuyau, auquel nous avons donné un rayon égal à trois unités, et un cylindre, de rayon égal à deux unités. Nous plaçons au départ la tortue au point 1, indiqué par le chiffre 1 entouré d'un cercle, à partir duquel elle va commencer à progresser en suivant la circonférence du tuyau. Elle devra cependant tracer au préalable à l'extrémité du cylindre le diamètre marquant son orientation à la position de départ. Nous allons maintenant décrire chacune des instructions successives qui devront être données à la tortue.

1. Pour tracer une ligne matérialisant l'orientation initiale du cylindre :
   Tourner à droite de 90 degrés.
   Avancer suivant la ligne tracée à l'extrémité du cylindre, puis revenir au point de départ (point 1).
   Tourner à gauche de 90 degrés pour être prêt à commencer la progression le long de la circonférence du tuyau.

2. Pour tracer la ligne marquant l'orientation suivante (la position du diamètre peint à l'extrémité du cylindre), après que le cylindre a parcouru sur la surface extérieure du tuyau la première étape de sa révolution, c'est-à-dire s'est déplacé du point 1 au point 2 :
   Progresser suivant la circonférence du tuyau à partir de la position initiale au point 1, en parcourant un arc égal à 30 degrés, pour arriver à une nouvelle position au point 2.
   Tourner à droite de 90 degrés.
   Avancer (suivant une ligne imaginaire dans le prolongement du rayon du tuyau passant par le point 2) d'une distance égale au rayon du cylindre, soit 2 unités, pour arriver au point 3 comme indiqué sur la figure P-2 *a*.
   Tourner à gauche d'un angle ⌀, calculé de la manière suivante.

Calcul de l'angle ⌀

De quel angle avez-vous dû faire tourner la tortue pour tracer la ligne matérialisant l'orientation lors de l'étape précédente (par. 1 ci-dessus)? La réponse est évidemment 0 degré (il était en effet inutile de faire tourner la tortue pour tracer cette première ligne). La nouvelle valeur de cet angle ⌀ sera égale à la valeur précédente (0 degré), majorée du produit de l'arc parcouru pour aller du point 1 au point 2 (exprimé en degrés) et du rapport entre le rayon du tuyau et celui du cylindre, c'est-à-dire 3/2. La nouvelle valeur de l'angle ⌀ est donc : 0 degré + 3/2 × 30 degrés = 45 degrés. C'est de cet angle ⌀ de 45 degrés que devra tourner la tortue placée au point 3. (Avant de passer aux instructions suivantes, un croquis sera utile pour montrer les nouvelles positions respectives du tuyau, du cylindre et de la tortue. C'est la figure P-2 *b*, sur laquelle le point 3 de la figure P-2 *a* est devenu le point 4. La tortue est représentée au point 4 dans une orientation correspondant à la rotation vers la gauche de l'angle ⌀ égal à 45 degrés. Elle est prête maintenant à tracer la ligne correspondant à la nouvelle orientation du cylindre.)

Allumer le traceur lumineux.

Avancer d'une distance égale au rayon du cylindre, soit 2 unités, puis reculer d'une distance de 2 rayons, c'est-à-dire 4 unités, en passant par le point 4, enfin avancer à nouveau d'une distance égale au rayon du cylindre, soit 2 unités, pour revenir au point 4. La tortue aura ainsi tracé la ligne correspondant à la nouvelle orientation du cylindre dans cette deuxième position.

Éteindre le traceur lumineux.

Tourner à droite d'un angle ⌀ égal à 45 degrés pour revenir à l'orientation du début de cette étape.

Reculer d'une distance égale à la longueur du rayon du cylindre, soit 2 unités, pour venir au point 5 de la figure P-2 *b*.

Tourner à gaucbe de 90 degrés pour se mettre en position de départ pour la prochaine étape de la progression suivant la circonférence du tuyau.

3. Pour tracer la ligne matérialisant l'orientation du cylindre après qu'il a roulé jusqu'à sa troisième position, au point 6 :

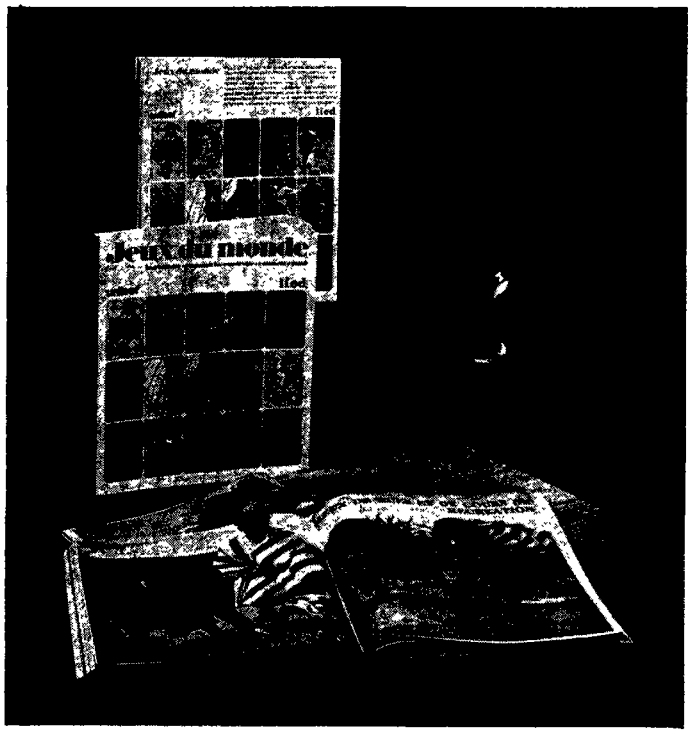
Progresser suivant la circonférence du tuyau du point 5 au point 6 en parcourant un arc d'une valeur donnée.

Répéter la séquence d'opérations indiquée ci-dessus au paragraphe 2.

4. Pour tracer de nouvelles lignes d'orientation correspondant à de nouveaux déplacements successifs du cylindre autour du tuyau, répéter les instructions énoncées en 2 et 3 ci-dessus. Pour finir, il faut que ce programme laisse à l'utilisateur la possibilité d'assigner n'importe quelle valeur aux rayons du tuyau et du cylindre ainsi qu'à l'arc parcouru à chaque étape de la révolution du cylindre. C'est important pour permettre à l'élève de jouer et faire des expériences avec différentes configurations du problème. ■

LOGO en action. [*Photo* : Robert Mohl.]

Un groupe interdisciplinaire, d'enseignants, de psychologues, de linguistes et autres, du Sénégal s'entretenant avec le professeur Seymour Papert, responsable scientifique du Centre mondial informatique et ressources humaines, à Paris (France). Ce groupe, réuni par M. Jacques Diouf, secrétaire d'État à la Recherche scientifique et technique du Sénégal, travaille au Centre mondial sur un projet d'utilisation du *LOGO* comme langue de leurs propres ordinateurs pour la formation de jeunes et d'adultes sénégalais. Papert, qui est l'inventeur du *LOGO*, est en permission de deux ans du Massachusetts Institute of Technology (MIT).



L1 – LIVRE « JEUX DU MONDE »

282 pages. Format : 23 × 26,5 cm
Poids : 1,100 kg

Prix : 85 F

Livre remarquable présentant 83 jeux du monde entier, de leur origine aux multiples versions actuelles influencées par les différentes cultures.
En tête du texte consacré à chacun des jeux figurent des symboles permettant d'en connaître la durée, le nombre de joueurs...
Plus de 1 000 photographies vous aident à comprendre la règle de ces jeux et à les réaliser vous-même.

Pour commander

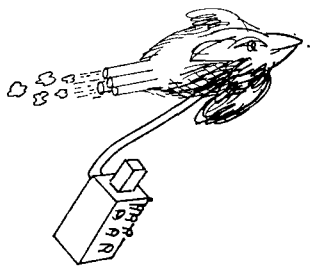
COMITÉ FRANÇAIS FISE-UNICEF
35, rue Félicien-David, 75781 PARIS CEDEX 16
C.C.P. 19 921 76 P PARIS
Tél. : 524-60-00 Télex : UNICEF 610 638

Pas moins de 15 % des enfants qui entrent à l'école primaire ont beaucoup de difficultés à apprendre à lire et à écrire et à comprendre les notions élémentaires de nombre et d'espace. Étant donné la relative efficacité des moyens traditionnels utilisés pour les aider, il convient de tirer parti d'une nouvelle technique, celle de l'enseignement assisté par ordinateur. L'enfant pourra alors mieux se développer sur les plans scolaire et social, avec de meilleures chances de s'intégrer plus tard à la vie active.

Apprendre avec l'aide de l'ordinateur

Un environnement scolaire efficace et agréable

Mike Lally et Iain Macleod



Mike Lally, psychologue, est chargé de recherches au Department of Engineering Physics de l'Australian National University, où il se consacre essentiellement à l'enseignement assisté par ordinateur. Iain Macleod, spécialiste du traitement des images, est chargé de cours dans le même département. *Les auteurs tiennent à exprimer leur reconnaissance à l'Australian Education Research and Development Committee pour l'aide qu'il a accordée à leurs travaux dont le présent article expose en partie la teneur.* *Adresse : Research School of Physical Sciences, P.O. Box 4, Canberra 2600 (Australie).*

Introduction

Des enfants qui entrent à l'école primaire, 10 à 15 % ont beaucoup de difficultés à apprendre à lire et à écrire et à comprendre les notions élémentaires de nombre et d'espace. Il est essentiel de s'occuper d'eux, car ces difficultés peuvent se répercuter sur d'autres domaines de leur développement scolaire et social, voire sur leur insertion dans le monde du travail. Aussi quels avantages ne présenterait pas la mise au point de techniques améliorées à l'intention des élèves qui ne tirent pas le meilleur profit des méthodes traditionnelles d'enseignement. L'enseignement assisté par ordinateur se révèle très prometteur à cet égard ; si on le compare aux moyens traditionnels, il comporte de multiples avantages potentiels. Ces avantages découlent essentiellement des principes de la psychologie de l'acquisition des connaissances de base[1] et sont dus à la plus grande maîtrise du processus d'apprentissage que permet la présentation informatisée.

Si l'on présente la tâche à accomplir d'une manière bien structurée et si l'on utilise des moyens d'interaction appropriés (présentation de l'information et réaction des élèves), l'apprentissage des connaissances de base peut devenir une expérience pleine d'attrait. Le plaisir d'apprendre est une motivation puissante qui accélère beaucoup l'acquisition des connaissances et en relève le seuil. La meilleure preuve du plaisir qui peut accompagner l'acquisition de certains savoir-faire est peut-être le succès remarquable des jeux électroniques vidéo du type *Space invaders* ou *Pacman*. On peut considérer ces jeux comme un environnement éducatif bien structuré dans lequel le joueur s'efforce d'acquérir un savoir-faire spécifique (lui permettant de marquer le plus grand nombre de points possible). Le mouvement, le son et la couleur sont des éléments déterminants de l'interaction entre le joueur et le jeu ; ils fournissent à chaque instant une rétro-information sur le comportement du joueur, appellent son attention sur les phases critiques du jeu et l'incitent à se surpasser sans cesse. Le dosage des éléments des jeux vidéo est si subtil et, malgré tout, si puissant que l'interaction joueur-machine peut devenir une sorte de drogue ; plusieurs de ces jeux sont devenus des institutions, avec leurs champions, qui font l'admiration des foules[2].

Il va de soi que les méthodes traditionnelles utilisées pour enseigner les connaissances de base font piètre figure à côté des jeux vidéo les plus populaires, sur le plan de la motivation comme sur celui de l'attrait, et ce, bien que certaines facultés comme la prévision ou la coordination main-œil (si importantes dans l'écriture, par exemple) soient absolument nécessaires dans la plupart de ces jeux. Combien de fois les parents d'enfants imbattables aux jeux électroniques ne déplorent-ils pas que leur rejeton ne manifeste pas autant d'enthousiasme pour le travail scolaire![2].

L'environnement éducatif voit son action renforcée par la mise en œuvre de méthodes d'enseignement qui fixent l'attention de l'élève sur la tâche à accomplir à la fois dans son ensemble et dans ses différentes étapes, maîtrisent avec précision le processus d'apprentissage, fournissent une rétro-information à la fois ponctuelle et globale, proposent des activités stimulantes (mais pas trop difficiles) et amusantes et renforcent les résultats positifs. Nombre de ces aspects se retrouvent dans les jeux vidéo les plus populaires. Or la technologie utilisée dans ces jeux peut également servir à l'enseignement assisté par ordinateur. Par conséquent, ne pourrait-on pas utiliser pour une meilleure acquisition des connaissances de base les principes qui sous-tendent la réussite de l'interaction dans ces jeux ?

Depuis la fin de l'année 1974 nous effectuons, dans le cadre de l'Australian National University, des recherches sur l'évaluation et l'acquisition des connaissances de base avec l'aide de l'ordinateur. Les recherches de notre équipe pluridisciplinaire — ingénieurs, informaticiens, psychologues et éducateurs — se sont concentrées sur des élèves ayant des difficultés scolaires et ont été initialement menées dans un établissement pour handicapés mentaux légers. Nous élargissons actuellement le champ de nos investigations à des enfants d'intelligence moyenne ou supérieure à la moyenne éprouvant des difficultés scolaires spécifiques.

L'évaluation menée dans le cadre de ce projet montre que les exercices assistés par ordinateur offrent des avantages exceptionnels qui peuvent considérablement améliorer l'acquisition des connaissances de base. Nous allons illustrer ces avantages en décrivant plusieurs exercices éprouvés et en analysant les raisons pour lesquelles ils sont plus efficaces que les méthodes traditionnelles.

L'écriture

Les méthodes habituelles d'apprentissage de l'écriture consistent toutes plus ou moins à tracer et/ou à copier des lettres ; analysées selon les principes de la psychologie de l'apprentissage, elles présentent plusieurs inconvénients. Par exemple, l'enfant apprend facilement avec ces méthodes s'il est, d'une part, précis et régulier dans son comportement moteur et, d'autre part, capable de prendre des décisions et de les appliquer. Or ces deux facteurs sont souvent incompatibles : prendre des décisions concernant un savoir-faire qu'on ne maîtrise pas encore implique un risque d'erreur. Tracer des lettres est un exercice de motricité fine qui ne fait guère intervenir la réflexion ; c'est l'inverse lorsqu'il s'agit de les copier.

Autre condition de l'acquisition d'un savoir-faire : parvenir, d'une façon ou d'une autre, à ce que la maîtrise de l'acte passe du conscient à l'inconscient et devienne de ce fait un automatisme. A part la pratique, ni l'action de copier des lettres ni celle de les tracer ne contribuent beaucoup à ce passage de processus de rétro-information visuels conscients à des processus musculaires inconscients plus rapides. A cet égard, le maître n'est pas d'un grand secours et les élèves doivent comprendre seuls, à force de répéter l'opération, la relation qui s'instaure entre ces deux processus. Or nombreux sont ceux qui, incapables de franchir ce cap, n'arriveront jamais à écrire à vitesse normale.

Les exercices d'écriture assistés par ordinateur que nous avons mis au point permettent à l'élève d'être précis sans devenir passif : en effet, tout en ayant à prévoir la suite des traits qu'il doit tracer afin de donner à la lettre sa forme complète, l'élève doit conserver sa précision d'exécution. A cette fin, il reçoit une aide extérieure correspondant à son niveau et est averti rapidement de toute erreur qu'il aurait commise (ce qui permet de localiser la conséquence de choix erronés et d'interrompre le tracé de formes fausses). Ces exercices favorisent une maîtrise des processus de l'écriture beaucoup plus complète qu'avec les techniques traditionnelles, tout en encourageant l'élève à penser à ce qu'il est en train de faire. Ils soulignent à la fois le *processus* de l'écriture et l'apparition du *produit*.

Comme on peut le voir à la figure 1, l'équipement nécessaire pour ces exercices comporte un écran de visualisation sur lequel l'ordinateur peut dessiner des détails précis et un stylet numérique de la forme et de la taille

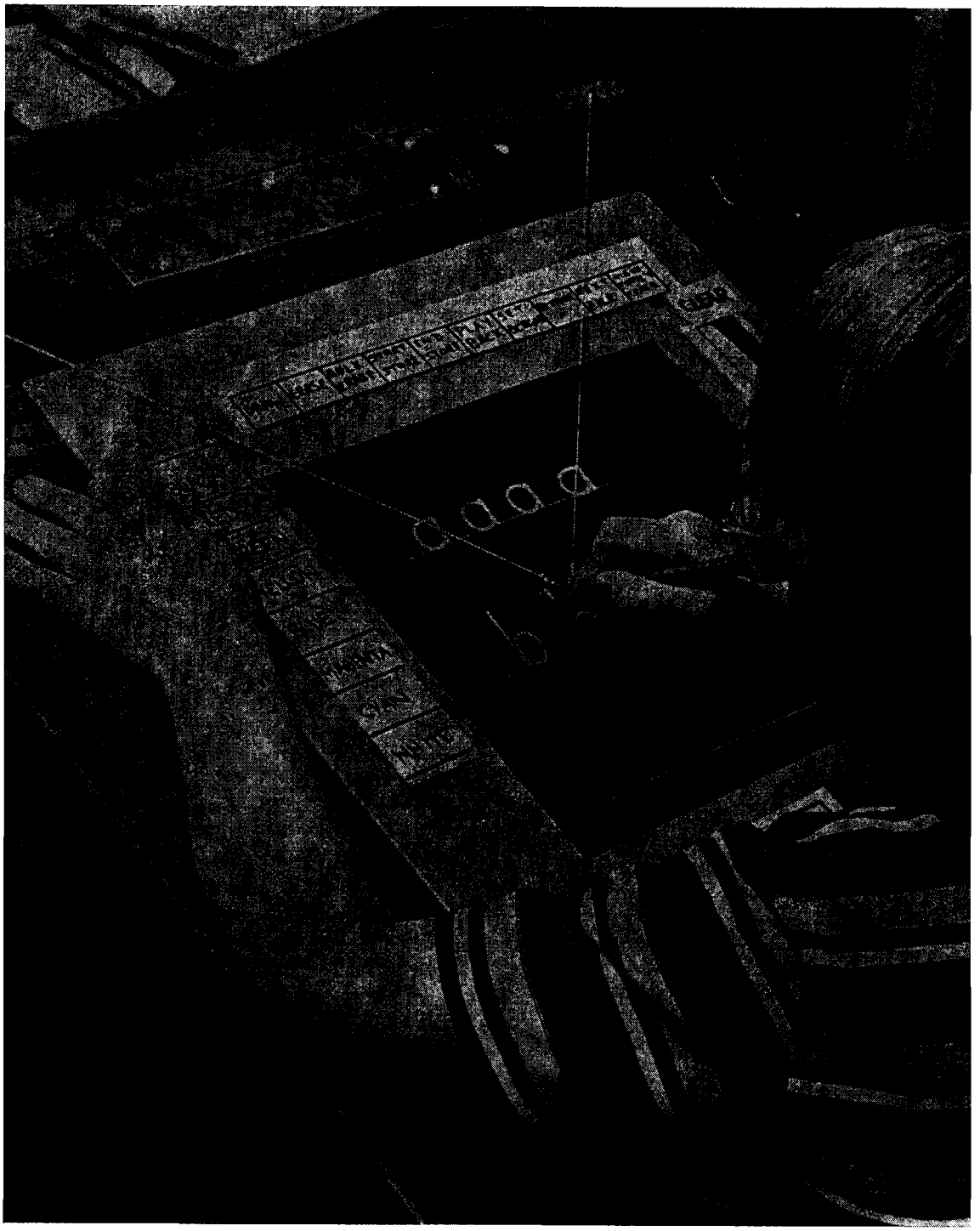


FIG. 1. Exercice d'écriture assisté par ordinateur.

d'un gros crayon. L'ordinateur calcule la position du stylet à partir de la longueur de deux fils attachés à la pointe de celui-ci et qui passent à travers des œillets situés au-dessus de l'écran. Une sorte de curseur carré qui apparaît sur l'écran indique la position où doit se trouver le stylet. A l'intérieur de celui-ci un commutateur indique sa position vers le haut ou vers le bas et l'impression physique d'écrire est donnée par le fait qu'une ligne lumineuse se forme sous la pointe du stylet lorsque celui-ci entre en contact avec l'écran et est promené à sa surface. Un des exercices d'écriture consiste à effectuer une série de tracés dont chacun doit être achevé avant que n'apparaisse le modèle du trait suivant. Ces tracés peuvent être de simples bâtons ou des mots complets, selon le niveau de l'élève.

Pour bien former ses lettres, l'élève doit commencer à « écrire » avec son stylet au début de chaque modèle et suivre le tracé de celui-ci avec un degré de précision qui est défini par la dimension du curseur (laquelle peut être modifiée) ; en d'autres termes, il doit s'efforcer de maintenir le curseur centré sur le tracé de la ligne, celle-ci continuant à apparaître tant que le curseur coïncide au moins en partie avec elle. Si l'élève trace sa ligne correctement, le modèle, qui apparaissait comme un trait fin, se transforme en une ligne plus épaisse. Si l'élève commence sa ligne du mauvais côté, lève le stylet ou déplace le curseur en l'éloignant trop du modèle, la ligne plus épaisse s'arrête et un petit clignotant s'allume pour indiquer l'endroit où devrait se trouver la pointe du stylet[3].

Pendant une séance de travail, l'élève forme plusieurs lettres de l'alphabet. Il ne voit parfois apparaître que certains des traits qui composent la lettre, bien que tous soient stockés et que le tracé s'effectue dans les mêmes conditions. Il s'agit alors de l'inciter à penser à ce qu'il fait et à utiliser sa mémoire pour prévoir la forme de la lettre. Outre l'utilisation d'un curseur dont la dimension peut être modifiée, ce procédé permet de diminuer progressivement l'aide apportée par l'ordinateur à mesure que s'accroît la compétence de l'élève. Pour les élèves plus maladroits, on utilise un curseur plus grand : malgré le caractère approximatif des mouvements mis en œuvre pour exécuter le tracé d'une lettre, l'ordinateur en donnera un tracé correct. Ce procédé met l'accent sur l'apparition du résultat souhaité et non sur ce que risqueraient de donner les efforts maladroits de l'élève.

Au fur et à mesure de l'amélioration de ses performances, la taille du curseur est progressivement réduite afin que les mouvements de l'élève soient de plus en plus conformes à ce qui est nécessaire pour former les lettres modèles sans l'aide de l'ordinateur. La vitesse et la précision du tracé s'inscrivent sur l'écran à la fin de chaque exercice : la plupart des enfants manifestent un vif intérêt pour ces résultats et mesurent leurs progrès aux réductions successives des dimensions du curseur.

L'expérience montre que cet exercice permet d'améliorer la maîtrise de l'écriture tant chez des retardés mentaux[4] que chez des enfants qui, sans présenter de retard, éprouvent des difficultés scolaires spécifiques.

Nos recherches portent actuellement sur le moyen de faciliter la perception, par les élèves, de la relation qui existe entre le contrôle visuel (pratiqué par les débutants) et le contrôle musculaire (obtenu par ceux qui écrivent à vitesse normale)[5]. L'importance du contrôle musculaire peut être évaluée à la facilité relative avec laquelle l'élève peut écrire des mots isolés les yeux fermés. Certes, le contrôle visuel joue encore un rôle important dans l'organisation du texte sur la page, son alignement et l'espacement des mots et la correction (progressive) des lettres mal formées.

Si l'on déplace le curseur et la ligne à tracer en les mettant à peu près à 15 cm au-dessus de l'emplacement de la pointe du stylet, les élèves peuvent observer la manière dont ils écrivent indépendamment des mouvements de la main et des doigts. Le stylet ne laissant aucune trace visible sous sa pointe, l'élève doit concentrer son attention sur le contrôle non visuel des mouvements de sa main et de son bras afin de prévoir et de maîtriser les mouvements du curseur et la ligne d'écriture qu'il fait apparaître sur l'écran. Cette opération de dissociation permet également un agrandissement : à un petit déplacement du stylet correspond un mouvement de plus grande ampleur sur l'écran.

Ce système vise à accélérer le passage du contrôle visuel au contrôle musculaire. En outre, l'agrandissement permet de développer le contrôle musculaire qui est nécessaire dans la phase finale de l'apprentissage. Les lettres telles qu'elles apparaissent visuellement sont assez grandes pour que l'élève voie bien ce qui se passe et les déplacements du stylet assez limités pour que l'élève doive contrôler les mouvements de ses doigts, et non plus de sa main ou de son bras, afin de diriger le curseur. Les premiers résultats obtenus permettent de penser que cette manière d'opérer est efficace pour apprendre aux enfants à utiliser des processus non visuels pour le contrôle de l'écriture[6].

La lecture

Avant de pouvoir commencer à lire des phrases, l'enfant doit faire plusieurs apprentissages de base. Il doit être capable de reconnaître des mots séparés, soit d'après leur forme générale, soit d'après leur prononciation. En Australie, beaucoup d'écoles utilisent ces deux techniques à la fois pour l'apprentissage de la lecture. L'enfant apprend à reconnaître certains mots, puis à les utiliser pour passer à un autre apprentissage, celui du mélange des sons qui se produit à la frontière des mots.

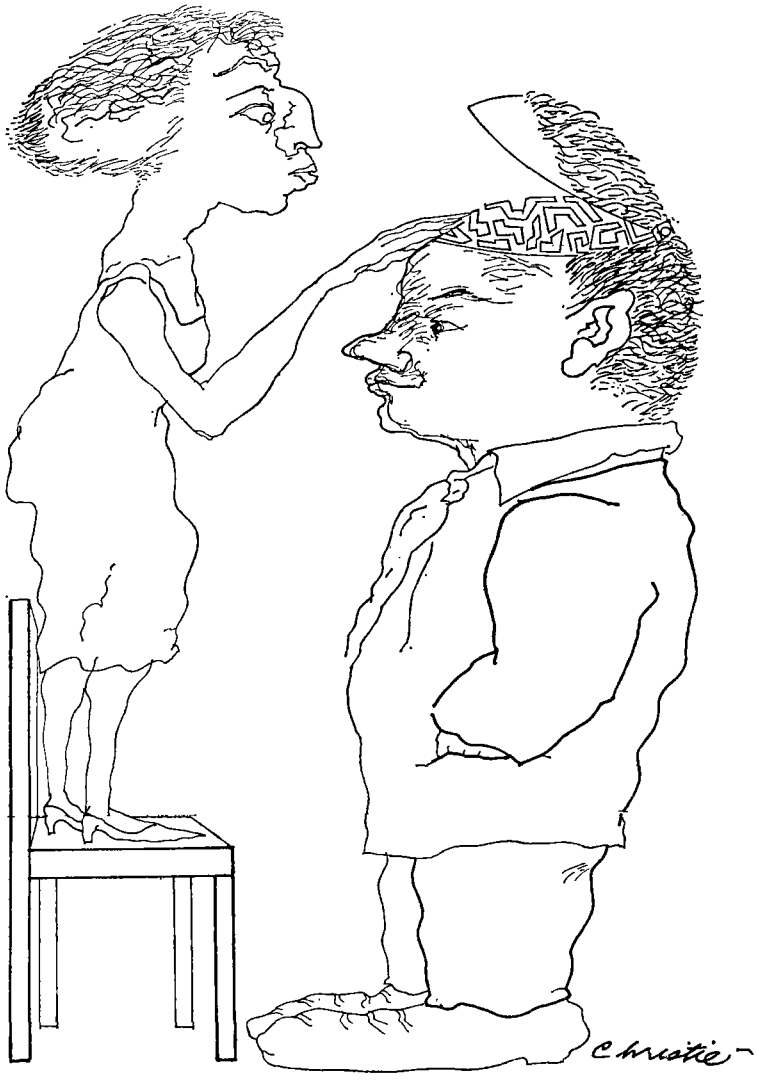
Une part importante de l'enseignement dispensé aux tout-petits est consacrée à l'apprentissage de la lecture. Une méthode traditionnellement utilisée pour apprendre à reconnaître les mots séparés est celle des cartons : le maître montre un mot aux élèves et le prononce à voix haute. L'opération est répétée plusieurs fois de manière que l'élève apprenne à associer la forme visuelle et la forme auditive du mot en question. Tout comme pour les techniques traditionnelles d'apprentissage de l'écriture, cette méthode consiste à amener par la pratique un élève qui reste passif à former l'association recherchée. Outre la difficulté qui consiste à répéter un mot d'une manière identique, elle a l'inconvénient, d'une part, d'utiliser d'une manière peu efficace le temps d'un enseignant hautement qualifié, d'autre part, de ne pas tenir compte des différences entre les individus.

Les exercices assistés par ordinateur visant à l'apprentissage de la lecture offrent plusieurs avantages : maîtrise du processus, identité des présentations, possibilité pour l'élève de travailler individuellement et enregistrement des progrès accomplis par chacun. Certes, le fait que ces élèves ne savent pas lire entraîne des difficultés quant à l'emploi d'instructions écrites pour leur indiquer ce qu'ils doivent faire. Mais la reconstitution synthétique de la voix a atteint une qualité d'intelligibilité telle qu'elle constitue désormais un moyen de communication tout à fait utilisable, avec l'avantage supplémentaire qu'un mot est toujours prononcé de la même façon. Le fait de pouvoir suivre en permanence le travail de l'élève donne la possibilité de modifier la

présentation en fonction des progrès de l'élève et, le cas échéant, d'aider celui-ci pour éviter qu'il ne se trouve trop longtemps en situation d'échec. Ainsi le taux d'erreurs peut être maintenu à un niveau assez bas, ce qui soutient tout au long d'une séance de travail la confiance en soi et la motivation de l'élève.

Un des programmes d'ordinateur que nous avons mis au point porte sur 105 mots figurant dans le vocabulaire d'un élève débutant. Au cours d'une séance de travail, des tableaux comportant 16 mots sont placés sur une matrice composée de 16 gros boutons ; 12 tableaux différents servent à présenter les mots à reconnaître. Chacun de ces tableaux propose des variantes où les mêmes mots sont placés dans des positions différentes, de manière à éviter des réponses dues à l'association du son et de la place du mot.

L'ordinateur donne des instructions du type : « Appuie sur le mot *son*. » Si l'élève répond correctement, une lumière s'allume sous le mot, que l'ordinateur prononce à trois reprises. Si l'élève appuie sur le mauvais mot, par exemple *nos* au lieu de *son*, l'ordinateur répond en disant : « Tu as indiqué



nos, recommence et appuie sur le mot *son.* » Si, au bout de 5 secondes, l'élève n'a pas réagi, ou s'est encore trompé, un clignotant s'allume sous le mot juste. Grâce à cette aide, l'élève appuie sur le mot indiqué et la machine déclare alors : « C'est bien, mais recommence, appuie sur le mot *son.* » Le même mot est présenté à nouveau jusqu'à ce que l'élève réponde correctement dans les limites du temps imparti. De nouveaux mots n'apparaissent que lorsque l'élève a répondu correctement, afin d'éviter qu'il ne soit submergé par trop de mots différents et inconnus, et pour qu'il n'ait au contraire à traiter qu'un petit ensemble de mots jusqu'à ce qu'il les reconnaisse bien, cet ensemble s'accroissant progressivement jusqu'à atteindre les 16 unités. A la fin de chaque ensemble de 16 mots reconnus, l'ordinateur les prononce un à un à l'intention de l'élève.

Après avoir pratiqué l'exercice ci-dessus à raison de 5 heures de travail assisté par ordinateur au cours d'une période de 4 semaines, des élèves retardés mentaux sont passés d'une moyenne de 39 mots à une moyenne de 69 mots correctement reconnus[7]. Le résultat le plus intéressant est que cette amélioration s'est maintenue, puisque 6 mois plus tard ils connaissaient une moyenne de 71 mots, malgré l'absence d'autres séances de travail assisté par ordinateur.

Nos recherches portent actuellement sur un matériel permettant de réaliser une interaction élève - texte à lire encore plus souple que ce qui vient d'être décrit. On utilise en l'occurrence un écran à effleurement : les élèves n'ont qu'à toucher la zone appropriée de l'écran pour que leur réponse soit enregistrée. Le supplément de souplesse qu'apporte un écran dynamique (par rapport au système relativement figé d'un tableau surmontant des boutons) permet de penser que nombre d'autres aspects liés à l'enseignement de la lecture pourront être explorés.

Ainsi, nous avons constaté que les élèves aimaient à composer des phrases à l'aide de cet appareil. Sur l'écran apparaît un choix de mots regroupés par catégories. La lettre *a* indique des mots commençant par la lettre *a*, le mot *verbe* signifie un ensemble de verbes, etc. Les élèves choisissent la catégorie de mots au fur et à mesure de la progression de la phrase en touchant la partie correspondante de l'écran. A ce moment-là apparaît une liste de mots de la catégorie choisie (par exemple, commençant tous par la lettre *a*). Les mots choisis par l'élève s'inscrivent alors successivement sur l'écran de manière à former une phrase. Les élèves aiment à entendre leurs phrases prononcées par la voix synthétique ; cela permet un contrôle verbal et une autocorrection si la phrase ne correspond pas au résultat voulu. Les phrases complètes sortent sur une imprimante et les élèves rapportent chez eux la preuve de leur travail.

Un autre exercice qui tire parti de la souplesse de nos matériels porte sur la lecture expressive. Pour bien lire, il ne suffit pas de prononcer les mots un à un ; le but de la lecture à voix haute est de faire apparaître le sens de groupes entiers de mots. Une technique très élaborée dans ce domaine est celle de l' « exercice à trous »[8] qui consiste à faire identifier par les élèves des mots qui ont été omis du texte présenté. Ils doivent lire le passage en question et obtenir des indications contextuelles (sémantiques et syntaxiques) sur les mots manquants. Cet exercice est utilisé depuis un certain temps pour évaluer la capacité de compréhension d'un texte de lecture[9], mais on n'a pas encore mesuré tout ce qu'il peut apporter sur le plan de la formation[10], en partie parce qu'il est difficile de suivre les progrès de l'élève avec un procédé de ce type.

Les exercices destinés à améliorer la lecture expressive utilisent le système à trous légèrement modifié : les élèves se voient proposer un certain nombre de mots à la place de ceux qui manquent dans le texte qui apparaît sur l'écran et, à mesure qu'ils avancent dans le texte, ils bénéficient d'informations et d'aides supplémentaires. Par exemple, s'ils ne peuvent pas reconnaître un mot sur l'écran, il leur suffit d'appuyer sur ce mot et l'ordinateur le prononce. Ce procédé s'est révélé efficace pour apprendre la lecture expressive aux enfants et aussi pour les aider à améliorer leur stratégie générale de lecture[11].

La formation des concepts

Piaget[12] affirme que c'est grâce à son interaction avec le monde que se développent chez l'enfant les concepts d'espace, de nombre et de temps. Il a montré qu'un enfant est conduit à élaborer lui-même son modèle du monde lorsqu'il se heurte à des contradictions dans son contact avec l'environnement (c'est-à-dire lorsqu'il applique à celui-ci son modèle).

Par conséquent, un des moyens de favoriser le développement cognitif est de renforcer l'environnement pour que l'enfant puisse reconnaître le caractère inadéquat de son modèle du monde lié à son manque de maturité. Il y a lieu de noter que, si l'environnement présenté est trop complexe, l'enfant ne sera pas en mesure d'y appliquer son modèle (indépendamment de son caractère inadéquat) et n'aura pas de cadre de référence. Il est donc nécessaire de réaliser un environnement à la fois stimulant et adapté au niveau de raisonnement de l'enfant.

Nos recherches ont porté sur l'utilisation d'environnements scolaires assistés par ordinateur pour développer la fixation des notions de nombre et d'espace chez des élèves légèrement retardés mentalement. Le principe de ces programmes de formation consistait à mettre l'accent sur les contradictions du jugement cognitif de l'élève, de façon à conduire celui-ci à prendre conscience des limites de sa conception du monde, à s'interroger sur elle et à en modifier les structures cognitives sous-jacentes pour la rendre progressivement plus complexe et en faire un meilleur modèle opératoire.

La fixation du concept de nombre est une condition *sine qua non* de l'apprentissage du calcul. Par exemple, Piaget a mis en évidence trois phases, dans le développement chez l'enfant, de la capacité de discerner si deux

rangées de boules comportent le même nombre d'éléments lorsqu'on en modifie l'espacement. Dans la première phase, l'enfant détermine l'égalité du nombre des boules uniquement par celle de la longueur des rangées. Dans la deuxième, il perçoit séparément les deux dimensions que sont la longueur de la rangée et celle des espaces intercalaires et admet leur pertinence, mais il est incapable de réfléchir sur cette perception. Dans la troisième, il a fixé la notion de nombre : il reconnaît la relation entre l'espacement des boules et la longueur totale de la rangée et peut détacher son attention des éléments perceptifs immédiats.

Dans notre programme de formation, les élèves sont placés devant un écran de télévision en couleur, avec des boutons de commande. Apparaissent sur l'écran deux rangées formées de petits carrés, chacune différant de l'autre par sa couleur, son orientation et l'espacement des carrés. Dans 50 % des occurrences, les deux rangées comptent chacune le même nombre de carrés colorés et dans les autres 50 %, une rangée en compte un de plus que l'autre. L'ordinateur demande à l'enfant si les deux couleurs comportent le même nombre de carrés. L'enfant répond oui en appuyant sur un bouton portant le signe « = » ou non en appuyant sur un bouton coloré. L'ordinateur répète la réponse de l'enfant et dit : « Comptons les carrés. » Un bouton portant le chiffre 1 s'allume. Lorsque l'enfant appuie sur ce bouton, l'ordinateur dit : « Un, rouge » et fait descendre un des carrés rouges en bas de l'écran à droite, puis dit : « Un, bleu » et fait descendre un carré de l'autre rangée à côté du carré rouge en bas à droite. Ensuite le bouton portant le numéro 2 s'allume ; lorsque l'enfant appuie dessus, l'ordinateur compte les carrés numéro 2 et répète l'opération.

Ainsi, l'enfant et l'ordinateur mettent les carrés en deux piles de façon que leur nombre apparaisse d'une manière évidente. Si la réponse de l'enfant est juste, l'ordinateur dit : « C'est bien, il y a plus de carrés rouges. » Si la réponse est fausse (par exemple « = » au lieu de « plus de rouge ») l'ordinateur dit : « Tu as dit égalité, mais regarde l'écran, il y a plus de carrés rouges. » Lors de l'exercice suivant, au moins un des éléments varie (la couleur, l'orientation ou la taille) et la réponse juste n'est pas nécessairement la même.

Les élèves n'ont pas eu besoin de beaucoup d'explications pour faire cet exercice. Ils y ont pris plaisir, ayant l'impression de diriger les opérations en manipulant les boutons et les carrés colorés. L'indication « Regarde l'écran » a réussi à détourner leur attention de la rangée de boutons pour la diriger vers la pile des carrés. Ce type d'exercice s'est révélé fructueux chez la plupart des enfants pour le développement du concept de nombre, mais les élèves n'ont pas été en mesure d'universaliser cette stratégie pour l'appliquer à d'autres notions, celle de volume par exemple ; tout dépendait de la manière dont les questions étaient posées[13].

Les bons résultats obtenus avec le concept de nombre nous ont conduit à imaginer un procédé pour les notions spatiales du type gauche-droite, intérieur-extérieur, au-dessus - au-dessous, angle-côté, etc. Pendant les séances de travail, les enfants mentalement retardés étaient installés devant une commande comprenant 8 rangées horizontales et 8 colonnes verticales de boutons dont chacun pouvait être allumé ou éteint séparément. Sur ce tableau, on pouvait, en allumant les boutons appropriés, réaliser différents dessins types. A mesure que l'élève appuyait sur des boutons, l'ordinateur décrivait la relation spatiale existant entre le bouton en question et le dessin type : par exemple, « angle inférieur gauche ». Les élèves pouvaient à leur gré modifier le dessin type au moment où ils le souhaitaient et ils avaient été

informés qu'ils pouvaient appuyer sur n'importe lequel des 64 boutons dans n'importe quel ordre.

Ce programme a été efficace pour les notions du type gauche-droite, haut-bas et, dans une moindre mesure, intérieur-extérieur (selon le test de Boehm)[14]. L'étude de la fréquence avec laquelle les élèves ont appuyé sur les divers boutons a donné des résultats intéressants et inattendus. Ces enfants mentalement retardés ont semblé aimer l'exercice, mais leur exploration des possibilités du jeu de boutons est restée très limitée. Ils ont appuyé rarement sur des boutons proches de la limite du dessin et assez riches d'information (par exemple, « angle inférieur gauche ») et souvent sur d'autres boutons dont le contenu informatif était moindre (par exemple, « inférieur »).

L'hypothèse que nous avons formulée selon laquelle il s'agissait pour eux d'une stratégie inhabituelle a été confirmée par le comportement, pour le même exercice, d'enfants non retardés, plus jeunes, sans doute d'un niveau cognitif équivalent. Leur exploration était plus variée et privilégiait les limites et les angles des dessins. Cette constatation corrobore l'hypothèse que nous avions faite par ailleurs : il est indispensable de diriger et de fixer l'attention de l'élève sur les aspects pertinents, et donc porteurs d'information, de l'environnement scolaire.

Quelques remarques utiles

Deux des caractéristiques les plus intéressantes des exercices assistés par ordinateur sont, d'une part, leur capacité de fixer l'attention d'élèves normalement déconcentrables et, d'autre part, leur attrait et leur popularité (il y a même eu des larmes lorsqu'il a fallu annuler une séance d'exercices). Plusieurs facteurs contribuent à cette fixation de l'attention. Premièrement, la présentation des exercices par ordinateur réduit les causes externes de distraction qu'on rencontre dans une salle de classe ordinaire. Deuxièmement, l'ordinateur suit l'élève pas à pas et réagit rapidement à ses réponses ou à ses demandes d'aide, ce qui incite l'élève à adopter le même comportement. Troisièmement, les exercices peuvent être programmés de telle sorte que, pour être considérée comme bonne, la réponse doit être fournie dans un temps donné. Pour faciliter la fixation de l'attention sur les éléments essentiels de la tâche à accomplir, on peut supprimer toute information superflue (comme la succession des bâtons dans un exercice d'écriture) et utiliser le mouvement, le son et la couleur. En fin de compte, les exercices assistés par ordinateur obligent l'élève à rester plus longtemps « branché » sur son travail qu'avec les moyens traditionnels.

Bien que la motivation soit une question très complexe, on notera plusieurs caractéristiques des exercices assistés par ordinateur qui contribuent à l'instaurer et à l'entretenir. De nombreux élèves ayant des difficultés scolaires ont été en contact avec diverses méthodes d'enseignement pendant plusieurs années, sans parvenir à des résultats satisfaisants et sont de ce fait conditionnés à l'échec. L'aspect totalement nouveau des exercices par ordinateur et les pouvoirs quasi mystiques dont l'ordinateur est couramment crédité sont autant d'éléments qui redonnent confiance à l'élève et rendent possible un nouveau départ. Cette confiance en soi peut être renforcée par le fractionnement des exercices en une succession d'étapes relativement simples et par la fourniture automatique d'une aide destinée à éviter que l'élève ne reste « bloqué ». Faisant appel à l'ordinateur pour terminer plus facilement les exercices, l'élève a la possibilité de travailler individuellement sur un matériel

plus complexe et plus intéressant que s'il était présenté dans d'autres conditions. Certains enfants ayant des difficultés scolaires ont peur de faire des fautes et doutent de leurs capacités, même pour des exercices de difficulté moyenne. En travaillant avec l'aide d'un ordinateur, ils sont enclins à se dire que personne ne voit leurs fautes et ne craignent pas de perdre la face. Aussi osent-ils davantage donner des réponses, même s'ils ne sont pas sûrs qu'elles sont justes.

Lorsqu'on s'adresse à des élèves qui n'éprouvent pas de difficultés scolaires, on constate que ces exercices ne sont ni moins appréciés ni moins efficaces. Nous sommes en train de mettre au point plusieurs exercices pour l'apprentissage de la lecture et de l'écriture à l'aide de micro-ordinateurs du type *Apple* qui sont déjà très répandus dans les écoles élémentaires. Il suffit de quelques semaines de travail sur des programmes assistés par ordinateur, au cours de séances journalières intensives, mais courtes, pour assurer des résultats à long terme dans l'acquisition des connaissances de base. Il convient toutefois de ne considérer ce type d'enseignement que comme un élément parmi d'autres (très efficace, il est vrai) de la panoplie des techniques pédagogiques dont dispose le maître. Le succès dépendra de la valeur et du bon sens de celui-ci, ainsi que de son aptitude à adapter les exercices aux besoins et aux capacités de chaque élève. L'utilisation en classe d'exercices appropriés assistés par ordinateur aidera également l'élève à surmonter à temps, sans être séparé de ses camarades, des problèmes latents qui risqueraient d'interférer avec d'autres aspects de son développement. Une réduction du temps nécessaire à l'acquisition d'une bonne maîtrise de la lecture et de l'écriture aurait une influence décisive sur la scolarité élémentaire et, à cet égard, l'enseignement assisté par ordinateur pourrait se révéler être la meilleure formule pédagogique.

En conclusion, les caractéristiques exceptionnelles informatiques permettent de concevoir de nouvelles stratégies éducatives où l'interaction élève-matière est à la fois agréable et efficace. L'expérience montre que l'enfant peut alors aborder l'acquisition des connaissances de base avec une motivation et une attention analogues à celles dont il fait preuve devant les jeux électroniques. ■

Notes

1. A. T. Welford, *Skilled performance: Perceptual and motor skills*, Glenview, Ill., Scott, Foresman and Co., 1976.
2. J. Skow, « Games that play people », *Time*, vol. 119, n° 3, 18 janvier 1982, p. 62-70.
3. I. D. G. Macleod et P. S. Procter, « A dynamic approach to teaching handwriting skills », *Visible language*, vol. 13, 1979, p. 29-42.
4. M. R. Lally, « Computer-assisted handwriting instruction and visual/kinaesthetic feedback processes », *Applied research in mental retardation*, 1982 (sous presse).
5. I. D. G. Macleod et M. R. Lally, « The effectiveness of computer controlled feedback in handwriting instruction », dans R. Lewis et E. D. Tagg (dir. publ.), *Computers in education*, p. 291-296, Amsterdam, 1981.
6. M. R. Lally, « Computer-assisted handwriting instruction for intellectually handicapped children and the role of visual and kinaesthetic feedback processes », dans W. H. Gladstones (dir. publ.), *Ergonomics and the disabled person* (p. 53-58), Canberra, Presses nationales australiennes, 1981.

7. M. R. Lally, « Computer assisted teaching of sight word recognition to retarded school children », *American journal of mental deficiency*, vol. 85, 1981, p. 383-388.
8. E. A. Jongsma, *The cloze procedure as a teaching technique*, Newark, Del., International Reading Association, 1971.
9. ——, *Cloze instruction research: A second look*, Newark, Del., International Reading Association, 1980.
10. V. P. Gunn et J. Elkins, « Clozing the reading gap », *Australian journal of reading*, vol. 2, 1979, p. 144-151.
11. M. Grocke, « Computer-assisted reading instruction for intellectually handicapped children », dans W. H. Gladstones (dir. publ.), *Ergonomics and the disabled person*, p. 47-52, Canberra, Presses nationales australiennes, 1981.
12. J. Piaget, *Le jugement et le raisonnement chez l'enfant*, Suisse, Delachaux, 1925.
13. M. R. Lally, « Computer assisted development of number conservation in mentally retarded school children », *Australian journal of developmental disabilities*, vol. 6, 1980, p. 131-136.
14. A. E. Boehm, *Boehm test of basic concepts manual*, New York, The Psychological Corporation, 1971.

Appel aux communications

Satellites et téléinformatique

Symposium international, 27-29 avril 1983
Versailles (France)

Thèmes

1. Ordinateurs dans les systèmes satellite
2. Systèmes de partage de canal satellite
3. Impact des satellites sur le modèle de référence OSI
4. Protocoles pour circuits satellite à haut débit
5. Protocoles pour circuits satellite multipoint
6. Applications d'informatique distribuée sur satellite (messagerie sur ordinateur, bases de données réparties, etc.)
7. Interconnexion de réseaux par satellite
8. Mesures de performances et expériences
9. Simulation et modélisation

RENSEIGNEMENTS

INRIA, Domaine de Voluceau, Rocquencourt
B.P. 105, 78153 Le Chesnay Cedex (France)

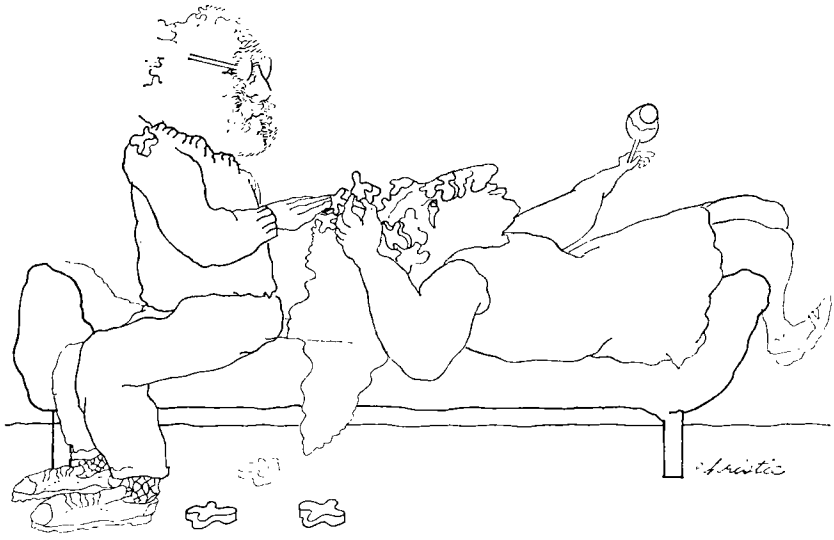
J. L. Grange
Programme Committee Chairman
Président du Comité de Programme
Th. Bricheteau
S. Gosset-Le-Bihan
Symposium Secretariat
Secrétariat du symposium

Qu'arrive-t-il lorsqu'on décide de créer un grand musée populaire de la science et de la technologie, centre comportant à la fois des salles et des installations en plein air et destiné à un vaste public ? Quels sont quelques-uns des facteurs culturels et sociaux dont il faut tenir compte ? Un spécialiste indien explique comment cela se fait à Bombay, au Children's Science Park (Parc des sciences destiné aux enfants).

impact : *science et société*, vol. 32 (1982), n° 4

Le Nehru Science Centre : la participation du public à la science

R. M. Chakraborti



L'auteur, spécialiste de la vulgarisation scientifique, est l'un des responsables du Nehru Science Centre, Dr. E. Moses Road, Worli, Bombay 400 018 (Inde). Le centre est un organisme qui relève du Conseil national des musées scientifiques de l'Inde.

La « science participative » est une notion à intégrer dans la matrice sociale si l'on veut promouvoir une culture scientifique ; elle permettrait aux citoyens de mieux comprendre leurs besoins changeants et d'assimiler l'information sur l'utilisation de la science et de la technologie. La motivation fait souvent défaut aux méthodes traditionnelles d'enseignement et les occasions d'encourager un « tempérament scientifique » sont trop peu nombreuses dans la société. La sous-utilisation de la science et de la technologie ou le peu d'intérêt qu'elles suscitent peuvent provenir de l' « analphabétisme scientifique » de la société.

Il est donc indispensable de réduire l'écart de la communication, de combler le vide en expliquant et en montrant aux gens les avantages financiers et sociaux que peuvent leur apporter la science et la technologie. Il faut préparer les citoyens aux changements, de manière qu'ils s'adaptent à l'évolution sociale. On peut leur faire prendre conscience des avantages de la technologie tout en échangeant des vues sur ses effets nocifs. Une communication améliorée peut aussi contribuer à démystifier la science et la technologie.

L'Inde devint sensible à ces problèmes immédiatement au lendemain de son indépendance, en 1947, et apporta un certain nombre d'innovations à son enseignement des sciences. Ces changements correspondaient au cadre de l'enseignement institutionnel, alors que ce dont avait besoin une société traditionnelle comme la société indienne était une approche non formelle. Les jeunes d'aujourd'hui seront peut-être les responsables de demain, et de leur sagesse dépendra la transformation de la société. Il faut donc orienter l'enfant d'aujourd'hui d'une manière non formelle par la science participative. Les musées scientifiques et centres analogues sont équipés à cet effet.

Un centre populaire des sciences est créé

La Commission indienne du plan estime qu'il est indispensable de développer le potentiel des musées des sciences parallèlement au système éducatif du pays. Elle créa en conséquence, en 1973, un groupe de travail spécial sur les musées des sciences, chargé d'élaborer un système de « science participative » qui mettrait en jeu les musées, afin d'aider les enfants à absorber et à apprécier les habitudes scientifiques, facilement et efficacement[1].

La commission mit au point un projet prévoyant la création échelonnée de diverses catégories de musées des sciences et leur financement. Elle suggéra également la mise sur pied d'un organisme chargé de coordonner à l'échelon national les activités des musées, et notamment les expériences tentées sur divers éléments de la population (en particulier les enfants et les adolescents). Un plan d'action commun était envisagé, qui viserait les besoins des zones tant urbaines que rurales. Le Conseil national des musées des sciences (NCSM) fut créé en 1978 en tant qu'organisme autonome ; il était chargé de l'administration des musées des sciences existants. Dès sa formation, le NCSM a entrepris une campagne de grande envergure pour créer un réseau de centres des sciences, dont celui de Bombay serait le plus important par l'étendue de ses activités et l'ampleur de son budget. On pensait que des centres des sciences fondés sur des activités propres à stimuler des potentialités créatrices et à susciter des questions étaient préférables à des musées des sciences fondés sur des objets exposés. C'est ainsi que naquit le Nehru Science Centre.

Le centre est conçu de manière à susciter la motivation. Il se présente

comme un système intégré associant les diverses méthodes qui permettent de résoudre un problème. Le centre sera peu à peu transformé en une unité de recherche non formelle destinée à inciter un public non scolaire à entreprendre une recherche scientifique[2]. Le processus de l'apprentissage est intégré de façon à inculquer un esprit de recherche, à encourager tout talent créateur et à favoriser le tempérament scientifique dont j'ai parlé plus haut. Sur le plan pédagogique, les expositions passives sont un « lieu d'éducation », un apprentissage non formel par le jeu et le divertissement ; les expositions actives sont un « lieu d'investigation ». Les expositions interactives, quant à elles, sont destinées à susciter des idées et à les préciser. C'est cette interaction, et non une communication pure et simple, qui, d'un lieu de merveilles scientifiques, transforme un centre des sciences en un véritable berceau de l'esprit scientifique[2].

Expositions et autres activités régies par la logique

L'apport d'informations dans ce processus interactif suppose que les expositions et les autres activités sont régies par une logique systémique, interdépendante. Cette logique assimile l'information, facilite la compréhension d'un problème, permet de formuler une hypothèse, de l'expérimenter puis de trouver une réponse au problème. La logique doit répondre, à propos de chaque problème, aux trois questions fondamentales, à savoir : quoi, pourquoi et comment ?

La logique doit donc conduire le public à une réponse uniquement au bout d'une recherche systématique et non par voie de tâtonnements et d'erreurs. Si l'on trouve la réponse de façon empirique, il faut comprendre les démarches qui ont conduit à la réponse. Cependant, la solution en soi n'est pas ce qu'il y a de plus important : c'est la méthode qui a permis de trouver cette solution qui compte. En d'autres termes, pour établir une bonne communication, c'est sur la méthode scientifique plutôt que sur la science elle-même qu'il faut mettre l'accent[2]. C'est dans cette optique qu'a été conçu le Nehru Science Centre.

Pour permettre une compréhension globale de la science, les expositions du centre sont présentées dans un vaste contexte. Les expositions et activités sont organisées autour de thèmes multidisciplinaires, contrairement à la présentation traditionnelle, axée sur une seule dimension, celle d'une branche déterminée de la science ou de la technologie[2].

L'architecte du centre a tenu compte de cette notion multidisciplinaire dans ses plans en s'écartant des conceptions traditionnelles. La construction est modulaire, composée de quatre bâtiments disposés en oblique sur le plan horizontal et ne dépassant pas trois étages pour éviter toute fatigue chez le visiteur. En raison du relief du terrain, cependant, les bâtiments ne sont pas tous au même niveau. Cette différence de niveau apporte un élément d'asymétrie à l'architecture qui évite la monotonie. Pour la première phase de construction du centre, une superficie de 10 000 m² est prévue pour les expositions et les services pédagogiques.

Deux décisions prises au cours de la construction

Des salles d'exposition permanente sont en cours d'installation pour abriter des présentations sous différentes formes sur trois thèmes distincts : le monde de la perception, la science et la technologie et la technologie au

service de l'homme. Il fallut prendre deux décisions importantes au cours des travaux de construction. La première décision concernait l'aménagement d'une salle expérimentale sur le thème « La lumière et la vue » dans le contexte du monde de la perception. Cette expérience, dans laquelle des montages étaient prévus et conçus pour une salle d'exposition permanente, était destinée à montrer aux concepteurs de l'exposition comment les visiteurs réagissaient devant une présentation multidisciplinaire et aussi devant leurs propres réactions. Les conclusions tirées de l'expérience « devaient faciliter une sorte de rétroaction dont on aurait besoin pour modifier ou réorienter les montages afin d'obtenir la motivation recherchée de telle sorte que, par un système continu de surveillance et d'évaluation, le communicateur puisse se maintenir constamment au courant de la demande du public et de ses réactions. L'efficacité de toute la chaîne de communication serait ainsi garantie. Pour une évaluation correcte, il faut que le concepteur fixe des objectifs précis pour chaque présentation visant un groupe cible bien défini et surveille à la fois le groupe cible et les objectifs »[2].

Un parc des sciences pour inculquer un esprit de recherche

La seconde décision concernait l'aménagement d'un parc des sciences (le premier du genre en Inde) devant les bâtiments, sur une superficie de 4 400 m². Un parc des sciences est non pas un lieu de récréation au sens habituel, mais un lieu de divertissement, un site d'agrément destiné à inculquer un esprit de recherche. Le plan du parc comprend des artefacts scientifiques et technologiques, des montages en plein air requérant la participation du visiteur, des pièces d'eau et un coin « animation » aménagé dans un cadre de verdure.

Une voiture ou un gros camion qu'on soulève dans une station-service, voilà un spectacle qui intrigue un enfant. La manière dont on descend les énormes canalisations utilisées pour le réseau municipal d'adduction d'eau le déroute. Il trouve une réponse à ses questions en soulevant des poids en se servant de poulies, d'un plan incliné ou d'un cric mis à sa disposition dans le parc, ou en faisant fonctionner l'ascenseur hydraulique pour soulever ses parents du sol. De telles expériences donnent confiance à l'enfant et l'incitent à faire de nouvelles découvertes.

Un cadran solaire, un sablier et quelques instruments météorologiques ont été placés dans le parc de façon à encourager une attitude scientifique et à faire naître l'esprit de recherche chez les jeunes. Un enfant observera avec attention le sable qui s'écoule dans le sablier en comparant avec les minutes qui passent sur sa montre. Il fera des observations similaires avec le cadran solaire, en apprenant à lire l'heure exacte grâce à un indice de correction qui tient compte des changements de jour et de mois. Il pourra relever les températures maximales et minimales sur un thermomètre, connaître le degré d'humidité grâce à l'hygromètre, la vitesse et la direction du vent indiquées par un anémomètre. Un pluviomètre permet de mesurer les précipitations. Pour qu'on puisse comparer les données atmosphériques, un téléscripteur relié à la station météorologique de la ville entrera bientôt en service.

Il y a aussi un montage appelé « Isis parle », Isis étant la déesse égyptienne de la magie. On raconte que les adeptes se rendaient au temple d'Isis pour y recevoir ses bénédictions et ses instructions. En fait, c'était un prêtre qui créait l'illusion au moyen d'un tube acoustique. Pour simuler cet artifice,

le parc des sciences a deux statues d'Isis afin de favoriser au maximum la participation des visiteurs. Ce montage est destiné à démystifier la science et la technologie chez les jeunes.

Les installations du parc conçues comme un tout

Les installations du parc sont conçues comme un tout. Ainsi, lorsque le visiteur a épuisé les ressources des installations les plus importantes, il passe aux fleurs pour étudier leurs formes et leurs couleurs, leur feuillage, leur parfum, etc. Le jeune visiteur observe ensuite les oiseaux et leurs nids ; il écoute les oiseaux répondre dans le parc aux enregistrements de chants d'oiseaux.

Dans le cours d'eau qui traverse le parc, un enfant peut étudier le comportement de poissons, de tortues et d'autres formes de vie aquatique. Comme l'eau est exposée au soleil, la formation et la croissance d'algues et d'autres végétaux peuvent être observées. Mais il semble que c'est le comportement social des différentes espèces de poissons qui intrigue le plus.

Un ensemble de roues qui tournent dans l'eau forme une sculpture figurant l'énergie. Une série de jets concentre l'eau sur les vannes des roues en forme de turbines et les font tourner : l'énergie est transformée en travail. La démonstration de l'énergie emmagasinée de l'eau est faite par la rotation d'un moulin à vent, l'eau étant pompée de manière à retomber sur une roue à auges (roue hydraulique). Le moulin à vent est placé à un point stratégique, debout comme une sentinelle à l'entrée du Centre scientifique, captant l'une des forces de la nature — le vent.

Les enfants sont responsables des animaux

Afin d'éveiller la sensibilité et la responsabilité des enfants à l'égard des animaux, le centre prête des lapins et des cochons d'Inde aux écoles qui appartiennent à son Bunny Rabbit Club. Les écoliers doivent nourrir les animaux et prendre soin d'eux, en leur administrant, le cas échéant, les médicaments prescrits. Les animaux sont prêtés par paire pour une durée d'un mois. Le centre envisage des prêts de serpents et autres reptiles dès que la fosse aux serpents sera prête.

Les chauves-souris suscitent un intérêt particulier. Les visiteurs peuvent les voir le soir voler en rase-mottes au-dessus du cours d'eau pour attraper des poissons, et des montages sont prévus qui montreront comment une chauve-souris repère sa proie grâce aux ultrasons qu'elle émet — ce montage devant être installé dans la salle du son et de l'audition.

La chlorophylle, la substance que contiennent les plantes et qui par photosynthèse transforme la lumière du soleil en énergie, fait l'objet d'une présentation dans la salle consacrée au thème *La science et les enfants*. Dans le même bâtiment, une ruche reliée directement à l'extérieur montre aux enfants où et comment les abeilles vivent et travaillent, ainsi que leur organisation communautaire. De même, un nid d'oiseau installé dans un coffrage vitré sur un côté permet aux visiteurs de voir un oiseau bâtir son nid à l'aide de matériaux divers, pondre et couver ses œufs, et nourrir ses oisillons avec les divers aliments qu'il trouve dans la nature.

Des artefacts sont exposés

Des artefacts issus de la technologie — culture et héritage matériels de la nation — sont également exposés dans le parc. La locomotive à petit écartement qu'on peut y voir desservait, en 1914, la ligne Siliguri-Darjeeling des Chemins de fer de la frontière nord-est ; elle rendit son dernier souffle de vapeur en 1967 dans la région de l'Himalaya. Le grand Chemin de fer péninsulaire indien entreprit l'électrification de ses lignes en 1912. L'opération fut interrompue pendant la première guerre mondiale, puis fut reprise en 1922. En 1929, l'électrification de la ligne Kalyan-Poona était terminée. La locomotive à courant continu qu'on peut voir dans le parc, commandée en 1930, est l'une des premières locomotives à avoir assuré le trajet Kalyan-Poona.

Sont également exposés des tramways à vapeur et des tramways tirés par des chevaux, utilisés au début du siècle par la Société des tramways de Calcutta, un omnibus à vapeur construit en 1925 par la Sentinel Waggon Works, Ltd., pour desservir Bombay, ainsi que le chasseur prototype HF-24 mis au point par l'Hindustan Aeronautics, Ltd. ; cet appareil est équipé de deux moteurs Orpheus munis de systèmes de réchauffement.

Parmi les autres réalisations techniques indiennes, on peut voir le générateur Pelton utilisé en 1914 à la Tata Hydro Electric Power Supply, Ltd. Ces artefacts incitent le visiteur à chercher à comprendre non seulement le fonctionnement d'une machine, mais également son utilité dans la société. L'exposition sert à mettre en lumière l'impact de l'avènement de la machine sur la société. Cette information permet aussi d'expliquer le transfert, l'adaptation ou la modification de la technologie dans les pays qui la reçoivent de l'étranger. La présentation de ces machines souligne aussi comment les techniques artisanales fusionnent lentement avec la technologie industrielle en développement, aidant par là même un pays qui jadis ne faisait qu'importer des techniques modernes à commencer à exporter ses propres produits. ■

Notes

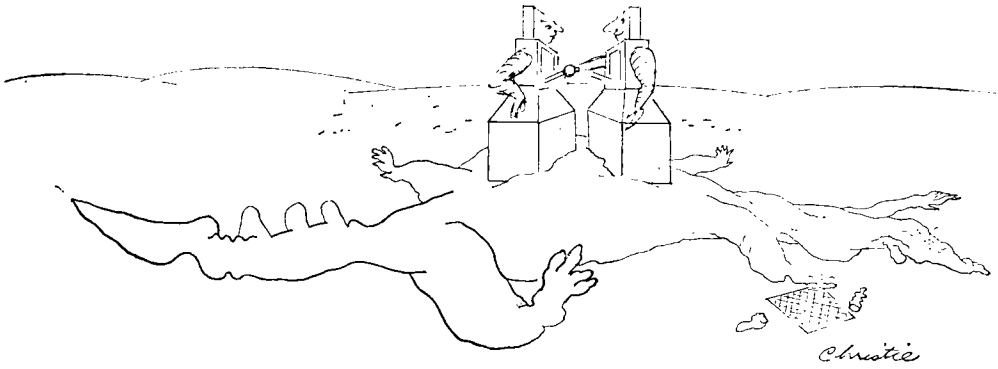
1. *Report of the task force on museums*, New Delhi, Commission du plan, Section éducation, 1972.
2. S. Ghosh, « Science centres in newly emerging countries », dans V. Danilov (dir. publ.), *Towards the year 2000*, p. 72-75, Washington, Association of Science and Technology Centres, 1981.

impact : *science et société*, vol. 32 (1982), n° 4

L'impossibilité de « mettre la main à la pâte » en manipulant les appareils scientifiques à l'école a incité l'auteur à créer des « valises-laboratoires » et à les confier directement aux élèves. Trente ans plus tard, son entreprise est devenue une institution nationale qui peut s'enorgueillir d'avoir modifié l'enseignement scolaire des sciences dans l'ensemble de son pays.

Des jouets scientifiques pour l'enseignement des sciences

Isaias Raw



Isaias Raw est connu dans le monde entier pour avoir créé la Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências (FUNBEC). Ancien professeur de biochimie à l'Université de São Paulo, il a été appelé hors des frontières de son pays pour servir de consultant pour l'enseignement des sciences auprès de l'Unesco, de l'Organisation des États américains (OEA), de la Fondation Ford, etc. Son adresse est : Conseiller scientifique de la FUNBEC, Cidade Universitaria, Galpão de IBECC, Caixa Postal 2089, São Paulo (Brésil).

Introduction

Nous nous sommes aperçus, il y a trente ans, qu'il fallait encourager la formation de scientifiques si nous voulions que le Brésil dispose du personnel nécessaire pour se doter des moyens technologiques de son développement. Nous avons cru constater que le point le plus faible du processus de formation de cette main-d'œuvre se situait au niveau de l'enseignement intermédiaire, là où commence la formation scientifique proprement dite.

A l'époque, l'enseignement des sciences, assuré dans les établissements officiels conformément aux directives gouvernementales, était une activité stérile qui consistait essentiellement à inculquer aux élèves quelques vérités avérées et tout un fatras de définitions et de mots savants. On ne se préoccupait absolument pas de faire comprendre comment la science fonctionne et à quoi elle peut servir, ce que Connant a appelé « la tactique et la stratégie de la science ». Les efforts du gouvernement pour réformer les programmes n'aboutissaient à rien. « Les nouveaux programmes » proposés se bornaient à modifier l'ordre de présentation des mêmes grandes questions générales, ou, dans le meilleur des cas, à ajouter quelques points nouveaux à la fin d'une liste déjà longue, ce qui permettait certes d'en moderniser le contenu, mais toujours avec un demi-siècle de retard sur l'actualité.

Les laboratoires scolaires étaient encombrés d'appareils nickelés importés à coup de devises fortes. Ce matériel d'expérimentation importé contenait même des bidons d'eau distillée (censée avoir des propriétés différentes de celles qu'on pouvait se procurer au garage du coin), et comme cet équipement était rare et coûteux, on s'en servait rarement. Certains enseignants en étaient venus à utiliser ce matériel de laboratoire comme des pièces de musée, uniquement pour montrer aux étudiants les instruments reproduits dans leurs livres scolaires. On en était arrivé au point qu'une firme locale avait imaginé de construire un spectroscope postiche et dépourvu de prisme puisqu'il n'était pas prévu de l'utiliser. Quelques enseignants « non conformistes » procédaient à des manipulations dans le but explicite de démontrer certains principes scientifiques. Si l'expérience ne confirmait pas ces postulats, on considérait que c'était elle qui était fausse puisque le manuel scolaire avait forcément raison.

Les étudiants mettent la main à la pâte

Nous nous étions fixé pour but de permettre aux jeunes de mettre la main à la pâte, en fournissant aux étudiants intéressés le matériel nécessaire pour se livrer à des expériences qui leur montreraient ce qu'était vraiment la science. Comme il ne fallait pas songer à faire appel aux laboratoires scolaires pour se procurer du matériel, il nous a fallu trouver un moyen de le produire directement. A l'époque, les étudiants étaient presque tous issus de la classe moyenne et pouvaient donc acheter ce matériel, à condition qu'il ne soit pas trop coûteux. En outre, les instruments devaient comporter une notice d'utilisation suffisamment explicite pour permettre aux étudiants de réaliser leurs expériences, mais sans en ôter tout le sel en révélant à l'avance les résultats ou les conclusions à en tirer.

L'IBECC a subventionné notre effort

Cet objectif a pu être atteint par l'intermédiaire de l'Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBECC) de São Paulo, branche régionale de la Commission nationale du Brésil pour l'Unesco. Dans un garage fourni par l'école de médecine et transformé en petit atelier, nous avons commencé à concevoir, à produire et à vendre à prix coûtant aux étudiants des « laboratoires » de chimie, de biologie et de physique, sous forme de valises en bois pouvant servir à la fois de bureau, d'établi et de placard, et contenant le matériel et les fournitures nécessaires pour réaliser un certain nombre d'expériences. On pouvait se procurer du matériel et des fournitures supplémentaires par l'intermédiaire de notre siège, qui finit par y gagner le sobriquet de « maison des savants de demain ».

Afin de guider et de soutenir l'intérêt des étudiants, l'achat d'une valise-laboratoire donnait droit à un abonnement gratuit à un magazine.

Les familles achètent les équipements de laboratoire

Cet effort fut couronné de succès dans la mesure où un certain nombre de jeunes achetèrent ces laboratoires et les utilisèrent pendant des mois. Comme on pouvait s'y attendre, en l'absence de réponses ou de conclusions toutes faites à leurs expériences, les jeunes gens, avec le goût de la contestation qui les caractérise, finirent par apporter leur valise en classe et par demander aux professeurs s'ils étaient capables de faire ces expériences ou s'ils en connaissaient le résultat. Ils demandèrent même à faire leurs expériences à l'école. Cette remise en cause s'étendait d'ailleurs au système scolaire tout entier, la preuve étant faite qu'il n'était pas indispensable de dépenser des sommes considérables et d'importer du matériel ultra-sophistiqué auquel les étudiants n'avaient pas accès, pour résoudre le problème de la formation scientifique.

Cette constatation est à l'origine d'un autre programme de l'IBECC : la conception et la fabrication d'équipements scientifiques scolaires. Nous devenions des pionniers de l'enseignement des sciences en innovant dans le domaine de l'utilisation d'équipements scolaires simples et la vente de « laboratoires » peu coûteux permettant de réaliser des expériences propres à stimuler l'imagination.

Même fabriqués sur une base non lucrative, nos laboratoires représentaient un investissement qui ne pouvait être amorti que si leur jeune propriétaire continuait à s'y intéresser et à s'en servir pendant des mois. Nous avons donc opté pour une formule moins ambitieuse, mais aussi beaucoup moins onéreuse, et décidé de remplacer nos laboratoires par des trousses plus rudimentaires, susceptibles d'occuper les étudiants pendant une ou deux semaines.

De format plus réduit, ces trousses pouvaient être produites à très bon marché en économisant sur l'emballage, les mettant ainsi à portée d'un public de jeunes beaucoup plus nombreux qui pouvaient les acheter avec leur argent de poche. Nous avons adopté le format et l'épaisseur d'un gros livre de poche, pour pouvoir commercialiser les trousses dans les librairies.

Début de la commercialisation des trousses

Au cours des années soixante, nous avons fabriqué à intervalles réguliers et commercialisé un certain nombre de ces trousses par l'intermédiaire de

librairies, mais, le plus souvent, à partir de notre siège ; en 1969, nous avons enfin persuadé la maison d'édition brésilienne Abril de collaborer avec nous à la publication d'une série d'ouvrages. Tout en conservant le format et l'idée de départ, nous avons décidé de consacrer chacune des trousses à l'œuvre d'un grand savant. La série comportait des numéros consacrés à Lavoisier (avec une balance d'une sensibilité de 1 mg) et à Einstein (sur les effets photo-électriques) ; on trouvait dans les trousses des éléments pour construire des batteries et un modèle du générateur de Van de Graaf, on y traitait de la découverte de la cellule par Schwann ou de celle de la première « erreur » moléculaire innée chez les humains par Pauling, et les sujets abordés allaient de la remise en question de l'origine spontanée de la vie par Pasteur à la théorie darwinienne de l'évolution. Chaque trousse avait l'apparence d'un livre et comportait, sous forme de brochure, une biographie abondamment illustrée du savant en question, ainsi que le matériel nécessaire pour réaliser diverses expériences ayant un rapport avec son œuvre et un mode d'emploi destiné à guider l'utilisateur.

Il s'agissait de fabriquer pour moins de 2 dollars des trousses d'un format de $11 \times 18 \times 2{,}5$ cm.

Au total, 50 de ces trousses, appelées « Les savants », furent élaborées en tenant compte des impératifs de la production de masse, ce qui permettait d'obtenir un excellent rapport qualité-prix. L'échelonnement de la production et de la vente des trousses à raison d'une par quinzaine permettrait de réduire les investissements. Pour diminuer les taxes, le gouvernement accepta de les considérer comme des livres, et elles furent commercialisées par l'intermédiaire non pas des librairies (points de vente relativement peu nombreux, avec des marges bénéficiaires élevées), mais des kiosques à journaux. Pour économiser encore davantage sur les investissements, le pays était divisé en deux secteurs commerciaux ; les trousses étaient mises en vente dans le sud du pays la première semaine et dans le nord la semaine suivante.

Les trousses « Les savants » se vendent bien

Pendant deux ans cette série « Les savants » se vendit bien dans tout le pays. Sur 300 000 jeunes environ qui avaient entrepris ce voyage à travers la science, 50 000 persévérèrent jusqu'à la fin du programme, ce qui constitue la plus importante opération d'éducation extrascolaire jamais réalisée. Cette série a exercé également une influence sur l'enseignement officiel dans la mesure où les trousses étaient utilisées comme équipement scolaire en science.

Quand l'intérêt lié à la nouveauté de la série a commencé à s'émousser, nous sommes revenus à la formule des trousses fabriquées en permanence et commercialisées dans les magasins de jouets et les supermarchés. Grâce à l'expérience acquise, nous sommes en mesure de produire un matériel scolaire meilleur et moins coûteux qui est désormais utilisé dans les établissements scolaires de plus en plus nombreux au Brésil. Nous continuons à considérer que ces trousses permettent de fournir du matériel scientifique aux étudiants intéressés pour leur permettre d'alimenter et d'aiguiser leur curiosité scientifique, en remplacement ou en complément de l'enseignement officiel, tout en exerçant une pression constante sur les enseignants pour qu'ils autorisent leurs élèves à utiliser les laboratoires scolaires.

Un ordinateur capable d'apprendre

Le fait de devoir emprunter les circuits commerciaux ne nous empêche pas de faire preuve d'imagination et d'esprit novateur. Parmi les nouveaux coffrets figure *Gabriela*, un ordinateur capable d'apprendre. Ce jeu, relativement sophistiqué quand on le compare à d'autres où les joueurs doivent lancer des dés et déplacer des pions *ad nauseam*, permet à l'utilisateur de jouer une partie de morpion contre la « machine ». Le coffret contient des pions de couleur codés, dont chacun correspond à un coup. Au début de la partie, le coffret contient autant de pions qu'il y a de coups possibles, et le jeu consiste à trouver comment *Gabriela* va réagir à chaque coup de son partenaire. Si l'on joue n'importe comment, la machine perdra très vraisemblablement la partie : dans ce cas, les « mauvais » coups sont effacés. Au cours de la partie suivante, le joueur a légèrement plus de chances de perdre ; si cela se produit, c'est que *Gabriela* a joué comme il le fallait, auquel cas les coups correspondants sont réenregistrés ou même comptent double à titre de récompense. Plus on joue de parties et plus le jeu de *Gabriela* s'améliore, tant et si bien qu'elle finit par faire jeu égal avec son adversaire. Cette « machine » est donc capable de stocker et d'utiliser l'information au même titre qu'un ordinateur et d'apprendre avec l'aide d'un partenaire. Il s'agit en même temps d'un appareil très simple, qu'on peut fabriquer avec du matériel local, et qui ne nécessite ni microplaquettes, ni autres matériels importés.

Les attitudes primitives affectent nos activités quotidiennes

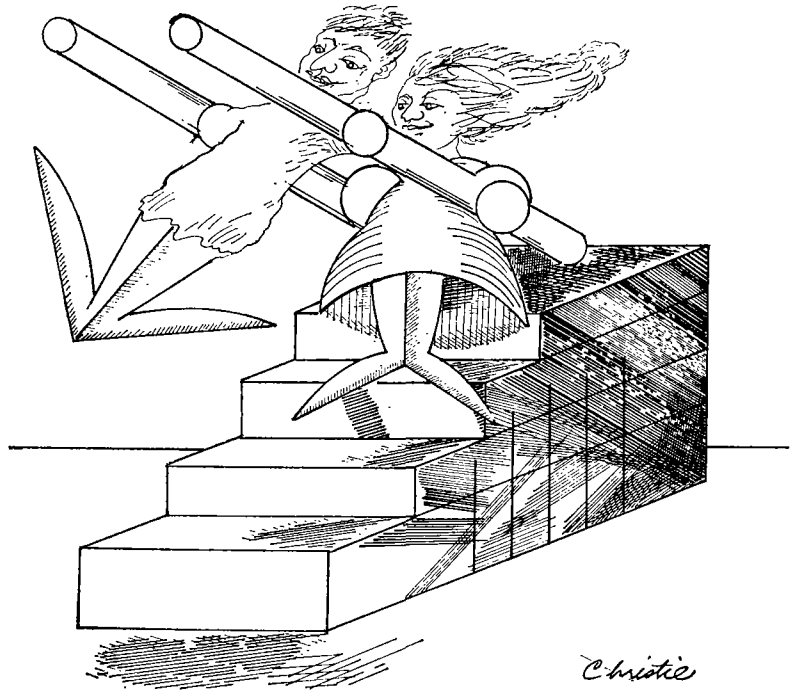
Je suis toujours étonné de constater chez presque tous les individus une sorte de comportement schizophrénique : le fait d'apprendre, de stocker et de restituer des informations scientifiques et rationnelles qui leur servent dans leurs activités socioprofessionnelles ne les empêche pas de considérer avec le même sérieux tout un ensemble d'attitudes primitives qui déterminent leur conduite dans la vie de tous les jours, même quand il s'agit de leur santé et de leur bien-être. Cela est vrai non seulement pour les individus ayant reçu une éducation limitée et vivant dans les pays en développement, mais également pour la population des centres culturels les plus raffinés des pays les plus avancés. L'homme a marché sur la Lune et ses fusées atteignent Saturne, mais il continue à croire aux horoscopes et aux lignes de la main, qui l'influencent davantage que la science dans son comportement quotidien.

Pour démontrer l'efficacité d'un remède pharmaceutique ou d'une recommandation diététique ou, à l'inverse, l'imposture du charlatanisme, l'accumulation de données pertinentes ne suffit pas ; il faut aussi avoir une idée précise de ce qui constitue une preuve scientifique, ce qu'on n'apprend pas dans notre système scolaire officiel, et qui suppose des notions de statistiques élémentaires. Pour tenter de résoudre ce problème, nous avons conçu un jeu très simple puisqu'il se compose de trois dés et d'un porte-bonheur. On demande à une jeune fille de jouer à pile ou face pour voir si elle a de la chance. Elle cherche à savoir ce qui se produira si elle se sert du porte-bonheur, passe sous une échelle ou suit les conseils de son horoscope. Dès lors qu'elle a compris la loi des probabilités entre pile ou face, elle peut procéder à la même expérience avec une paire de dés, dont l'un

est pipé, et elle doit découvrir lequel. Ce jeu, qui éveille déjà fortement l'intérêt des jeunes et de leurs familles, suscite énormément d'agitation à l'école, tous les élèves bougeant, parlant et discutant à la fois, ce qui montre bien que, pour acquérir des connaissances, il n'est pas nécessaire de rester vissé à un banc et d'écouter passivement et sans broncher le prêche du professeur.

Les trousses peuvent éduquer un grand nombre de personnes

Même si notre but initial était de contribuer à former une élite — scientifiques et ingénieurs — nécessaire au développement intellectuel, l'exemple ci-dessus montre que les trousses scientifiques peuvent également servir à éduquer la majorité des étudiants du pays. Pour le Programme national d'alphabétisation des adultes, nous avons conçu une trousse qui contient un modèle de maison et des éléments conçus de telle façon qu'il est possible avec une pile électrique de les mettre en circuit, ce qui permet d'apprendre des rudiments d'électricité et de réaliser l'installation électrique d'un local d'habitation. Disponible sous forme de jouet très populaire, cette trousse permet à un grand nombre de jeunes gens de se familiariser avec les rudiments de l'électricité. A rebours, lorsque nous avions demandé, voici une douzaine d'années, à plus d'un millier de jeunes diplômés de l'université de reconstituer à l'aide d'un compteur le schéma de montage d'un groupe de batteries dissimulées dans une boîte, nous avions constaté qu'un grand nombre de ces étudiants, capables de résoudre des problèmes de physique très complexes sur les lois d'Ohm ou de Kirchoff, ne savaient pas qu'il faut disposer d'un circuit électrique ou d'au moins deux fils pour se servir d'un compteur!



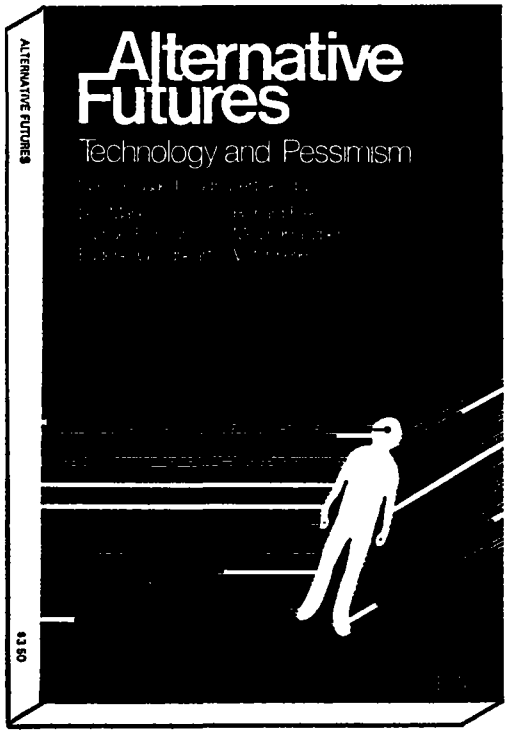
Nous continuons à explorer les possibilités d'utilisation des trousses et jouets scientifiques pour compléter l'enseignement officiel. Nous étudions actuellement la possibilité d'utiliser les locaux universitaires ou muséographiques pour y organiser des programmes spéciaux pour les enfants. Pour le prix du billet d'entrée, un enfant se voit remettre une trousse qui lui permet de réaliser des expériences. Un instructeur (étudiant de niveau universitaire) est à la disposition de l'enfant qui peut lui poser des questions ; ce dernier dispose également de facilités supplémentaires (un microscope ou un oscilloscope). A la fin de la séance l'enfant emporte la trousse avec lui.

Conclusion

J'aimerais mentionner, pour terminer, un autre résultat inattendu du programme. Actuellement, après avoir travaillé à la conception des trousses et à l'élaboration d'équipements scientifiques scolaires, nous sommes passés à la production de matériel universitaire et médical. Aujourd'hui, la Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências (FUNBEC), entreprise à but non lucratif qui a repris le programme lancé par l'IBECC avec une cinquantaine d'ingénieurs et 400 autres travailleurs, est devenue un important fournisseur de toutes sortes de matériels. Puisse cette expérience créatrice d'emplois et de technologie dans un pays en plein développement susciter des initiatives du même genre dans d'autres pays. ■

Pour approfondir le sujet

HAKANSSON, C. Design and provision of teaching aids and educational equipment on a national scale. *Educational equipment and materials*, n° 3. Paris, Unesco, Unit for Co-operation with Unicef, August 1981.



An interdisciplinary forum for utopian and futures-oriented scholarship and commentary,

Alternative Futures

focuses on these major areas:

utopian literature and thought; communitarianism and social experiment; utopian/dystopian science fiction; and nontechnical futures studies.

Detach and mail to: **Alternative Futures,** 102 Rackham Building, The University of Michigan, Ann Arbor, MI 48109.

Please enter my subscription to **Alternative Futures.** I've enclosed:

☐ $12.50 individual, 1-year ☐ $35.00 institutional, 1-year

☐ $22.50 individual, 2-year ☐ $62.50 institutional, 2-year

Name_____

Organization_____

Address _____

City _____ State_____ Zip _____

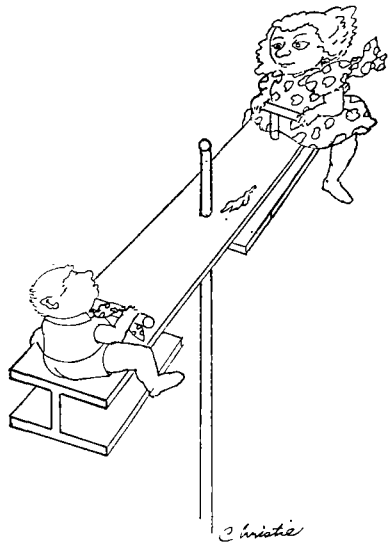
Country (if other than U.S. or Canada) _____

Make checks payable to **Alternative Futures.** Outside U.S. & Canada, please add $2.50.

Il n'y a pas, pour l'enfant, de distinction tranchée entre le travail et le jeu. Il est donc possible d'associer les sciences et le théâtre à l'école et intégrer ainsi l'étude des sciences à l'ensemble de l'éducation : une méthode qui a fait ses preuves, comme l'atteste la description de quatre représentations théâtrales qui ont été primées à un concours entre écoles.

Associer les sciences et le théâtre à l'école

John Beetlestone et Charles Taylor



John Beetlestone est professeur d'enseignement des sciences à l'University College de Cardiff. Il exerce les fonctions de secrétaire du Science, Mathematics and Technology Centre de l'University College de Cardiff, qui est une organisation régionale de science et de technologie (SATRO). Charles Taylor est professeur de physique à l'University College de Cardiff, et actuellement professeur de physique expérimentale à la Royal Institution of Great Britain. Prière d'adresser toute correspondance destinée à l'un ou l'autre auteur à : University College, P.O. Box 78, Cardiff CF1 IXL (Royaume-Uni).

Une expérience qui vise à découvrir des liens

Le 20 novembre 1981, les quatre finalistes de la compétition scolaire organisée par l'University College de Cardiff sur le thème des rapports entre le théâtre et la science présentaient leurs spectacles sur la scène du Théâtre Sherman. L'une des idées qui avaient inspiré les initiateurs de cette expérience inhabituelle était qu'il fallait tenter de dépasser l'opposition entre la science et les arts et, en particulier, de modifier dans une certaine mesure l'image publique du scientifique, qui est souvent représenté dans les films et à la télévision comme un fou criminel ou comme un maniaque pathologique. Nous sommes convaincus que les sciences devraient être intégrées aux autres matières enseignées de telle sorte que les enfants trouvent tout naturel de les étudier au même titre que leur langue maternelle. On admet généralement que, dans le cadre scolaire, en particulier pour les jeunes enfants, la distinction entre travail et jeu est artificielle et, comme les enfants ont tendance à considérer l'activité dramatique comme un jeu plutôt qu'un travail, il semble qu'une compétition associant la science et le théâtre soit peut-être un moyen passionnant de nous rapprocher de notre objectif.

Les liens entre les sciences et le théâtre, quelles qu'en soient les circonstances, sont plutôt inhabituels et, lorsqu'ils se manifestent, le résultat est fréquemment un travestissement de la science ou des scientifiques. Le Molecule-Club, troupe de comédiens professionnels rattachée au Mermain Theatre de Londres qui réalise des divertissements scientifiques à l'intention des jeunes enfants, constitue une exception notable. Dans les programmes scolaires de nombreux pays l'art dramatique se voit assigner un rôle bien défini, mais il est rare qu'on ait recours au théâtre pour présenter et faire comprendre et aimer la science, ou qu'on utilise la science comme thème d'un spectacle de théâtre. Aussi toute expérience pédagogique qui vise à découvrir les liens entre la science et le théâtre dans les établissements scolaires mérite-t-elle d'être signalée. Nous décrivons ci-après cette expérience ainsi que les circonstances dans lesquelles elle s'est déroulée.

La science sur scène

Le Théâtre Sherman, qui dépend de l'University College de Cardiff, a ouvert ses portes en 1973. Au début, nous avions l'intention de réaliser une suggestion faite par le directeur du théâtre, Geoffrey Axworthy : tous les deux ans le théâtre se consacrerait pendant une semaine à des activités scientifiques. Pour simplifier, il a été admis que le terme « science » serait pris au sens large et désignerait toute une gamme d'activités comprenant la science fondamentale et appliquée, la technologie, l'ingénierie et les mathématiques. Après un début modeste en 1973, le programme s'est progressivement développé et la « Semaine de la science », de 1981, a accueilli plus de 8 500 élèves et 2 000 personnes qui ont assisté à 40 manifestations dans le grand auditorium (480 places) et dans la petite salle (environ 150 places). Dès le départ, l'objectif était d'utiliser au maximum les installations pour présenter des spectacles qui frappent l'imagination plutôt que de considérer le théâtre comme une grande salle de conférence.

Les spectacles donnés pendant les cinq « Semaines de la science » qui ont eu lieu jusqu'à présent étaient d'une très grande variété, mais on peut les classer en deux catégories principales.

Ceux au cours desquels le public assiste à une démonstration faite par des

conférenciers ou un groupe d'exécutants. Dans cette catégorie, trois types de spectacles peuvent être distingués : *a*) ceux qui cherchent à présenter aux élèves ou au public sous une forme compréhensible les résultats et les visées de la recherche contemporaine ou à présenter, sous une forme adaptée à l'âge et au niveau de l'auditoire, des notions scientifiques fondamentales et complexes ; *b*) ceux qui établissent des liens entre la science et d'autres aspects de notre culture, et notamment les divers aspects de l'activité artistique ; *c*) ceux qui s'intéressent à la manière dont le progrès scientifique et technique a agi ou pourrait agir sur notre planète, sur les sociétés qu'elle abrite et sur notre propre existence individuelle au sein de ces sociétés.

Dans la deuxième catégorie — les spectacles impliquant la participation des élèves, par exemple les compétitions sur un thème scientifique ou technique — nous avons organisé des concours de construction de planeurs qu'il fallait lancer du fond de la salle pour les faire atterrir le plus près possible du centre d'une cible située sur la scène, des concours-questionnaires opposant plusieurs équipes sur tel ou tel aspect de la science et une épreuve de modélisme au cours de laquelle des équipes scolaires devaient concevoir et réaliser des modèles réduits de ponts qui étaient ensuite montés sur scène et dont on éprouvait la résistance en ajoutant des charges jusqu'à la rupture.

L'un des auteurs du présent article a suggéré qu'un concours sur « la science et le théâtre » pourrait utilement compléter cette catégorie et il se chargea d'en organiser un, le premier du genre pour l'University College, dans le cadre de la « Semaine de la science » de 1981.

Les écoles furent invitées à concourir

Toutes les écoles primaires et secondaires (celles dont les élèves ont entre 8 à 18 ans) venant de trois régions du sud du pays de Galles furent invitées à concourir et reçurent le règlement.

Ces règles stipulent que les concurrents proposeront une représentation théâtrale d'un événement tiré de l'histoire des sciences et des techniques ou d'un problème d'actualité controversé, ayant trait aux conséquences sociales du progrès scientifique et technologique. La présentation sera conçue et exécutée par des groupes d'élèves d'écoles primaires ou secondaires.

Les concurrents seront répartis en deux sections, un groupe de jeunes âgés de 8 à 14 ans, un autre de 15 à 18 ans. La limite d'âge imposée n'est pas rigide, mais la première section est ouverte aux enfants inscrits dans les écoles primaires ou dans les trois premières années du secondaire (ou dans les classes équivalentes d'autres types d'école). La deuxième section (jeunes âgés de 15 à 18 ans) est ouverte aux élèves inscrits dans les trois dernières années du cycle secondaire.

D'après le règlement, deux finalistes dans chaque section présenteront leur projet sur la grande scène du Théâtre Sherman ; cette représentation aura lieu en matinée. Les finalistes devront remplir les conditions suivantes :

La durée de la représentation devra être d'environ 15 minutes et ne pas dépasser 20 minutes.

Le spectacle se déroulera devant une toile de fond noire ou devant un fond blanc éclairé par une lumière d'une couleur spécifique.

Le décor doit pouvoir être monté et démonté en cinq minutes au maximum par les membres du groupe. Tous les accessoires devront être transportés au Théâtre Sherman par le groupe et enlevés le jour même de la représentation.

L'éclairage doit être simple. Les finalistes disposeront de 30 minutes le jour de la représentation pour répéter avec le personnel technique du Théâtre Sherman.

Le spectacle pourra prendre diverses formes telles que pièce, mime, danse, etc., et comporter la projection de vues fixes, de film ou d'enregistrement vidéo ; il existe des équipements de projection pour vues fixes de 35 mm, films de 16 mm et enregistrement vidéo sur grand écran (1,50 m × 1,20 m), mais les participants sont avisés que la projection de vues fixes de films n'est pas forcément compatible avec une représentation scénique.

Les finalistes seront désignés par un jury qui se rendra dans les différentes écoles pour assister aux spectacles en compétition. Les concurrents seront jugés sur l'efficacité de leur spectacle. Des membres du personnel des facultés des sciences et des sciences appliquées de l'University College de Cardiff pourront être consultés sur demande pour le choix de sujets de spectacle éventuels. Les établissements scolaires devaient remplir un bulletin de participation mentionnant le titre du spectacle, le nombre d'exécutants, la forme du spectacle (pièce, mime, danse, revue, etc.), les besoins techniques et un résumé du spectacle d'une longueur de 50 à 100 mots.

Une compétition ouverte à toutes les écoles

Il y eut 13 concurrents, dont 6 appartenaient au premier groupe d'âge. Compte tenu du dynamisme des concurrents, de la qualité de certains des spectacles présentés, de la réaction enthousiaste des conseillers en science et en art dramatique compétents et de l'intérêt manifesté par l'Inspection de Sa Majesté au pays de Galles, nous avons décidé que le concours aurait lieu désormais tous les ans.

Le règlement du concours a été modifié pour tenir compte des enseignements de celui de 1981, la compétition, ouverte à tous les établissements scolaires du sud du pays de Galles, s'intitule désormais « Concours scolaire de théâtre au service des sciences et de la technologie » et les articles du règlement ont été modifiés comme suit : les concurrents devront soumettre un projet de représentation théâtrale conçu et exécuté par des groupes d'élèves des classes primaires ou secondaires sur l'un des thèmes suivants : un épisode de l'histoire des sciences, des techniques ou de l'ingénierie, un problème d'actualité ayant trait aux répercussions sociales du progrès scientifique et technique ou l'exposé d'une notion scientifique propre à en faciliter la compréhension. Le concours est divisé en deux catégories : les groupes d'élèves des écoles secondaires et les groupes d'élèves des écoles primaires. Les concurrents seront jugés sur la valeur scientifique et l'efficacité du spectacle présenté.

Les finalistes de 1981 sélectionnés

En 1981, les juges qui avaient assisté aux différents spectacles présentés dans chaque établissement scolaire ont retenu quatre finalistes (deux pour chaque groupe d'âge). Le jury se composait de l'organisateur de la compétition et de deux autres jurés, dont l'un était professionnellement qualifié dans le domaine qui constituait le thème de la représentation et l'autre avait une expérience professionnelle de théâtre scolaire. Les finalistes ont été sélectionnés sur la base des rapports des juges, qui s'entretenaient après chaque représentation pendant 15 à 20 minutes avec les enseignants et les élèves

responsables de la production. Trois des treize concurrents qui s'étaient inscrits se retirèrent de la compétition. Les finalistes furent priés de fournir une description plus détaillée de leur représentation pour le programme rédigé à l'occasion de la finale au Théâtre Sherman. Voici ces notes, rédigées par les finalistes eux-mêmes.

« *La vase* »

« L'action se déroule aux abords de l'étang d'un village situé à proximité d'un complexe industriel. Les protagonistes en sont les insectes, poissons et reptiles qui peuplent l'étang ou sa périphérie.

» Les habitants de l'étang sont profondément troublés par l'arrivée soudaine de nombreuses grenouilles qui menacent de rompre l'équilibre écologique du plan d'eau. Au cours de la première scène, une conversation entre une grenouille "étrangère" et une grenouille "locale" révèle la raison de cet exode.

» Un petit escargot surprend cette conversation et, à mesure que l'histoire se déroule, il apparaît que les circonstances qui ont forcé les grenouilles "étrangères" à abandonner leur ancien habitat constituent une menace beaucoup plus grave et beaucoup plus inquiétante que leur immigration elle-même. »

La vase est une pièce qui traite de la pollution, de ses effets et de ses conséquences et traduit la préoccupation des enfants pour ce qui apparaît trop souvent comme une destruction de notre environnement due à la négligence. On y trouvera également quelques réflexions bien senties sur la société technologique moderne dans laquelle nous vivons.

Cette pièce était présentée par l'école primaire d'un petit village, avec la participation de tous les élèves âgés de 8 ans et plus (une trentaine environ). Les spectacles réalisés par les enfants de cet âge se caractérisent souvent par leur fraîcheur et leur vitalité, mais la manière dont ces qualités étaient maîtrisées pour satisfaire à la fois les exigences du théâtre et l'exactitude scientifique était tout à fait remarquable. Les costumes, confectionnés avec les moyens du bord, étaient fort ingénieux : par exemple, les enfants déguisés en crapauds avaient enfilé des sacs-poubelles en plastique noir et ceux déguisés en grenouilles avaient une casquette verte, avec des yeux protubérants et une bouche rouge. La pièce, classée première dans la catégorie junior, se vit adjuger la coupe décernée au gagnant toutes catégories. Comme le dit l'un des membres du jury après avoir annoncé le résultat, « tous ceux qui auront assisté à une représentation de cette pièce ne pourront plus jamais regarder un plan d'eau sans se rappeler qu'il est peuplé d'êtres vivants ».

« *Fission nouvelle et claire* »

« L'action se déroule dans une centrale nucléaire de type classique. Le maire de la localité et son épouse arrivent avec leur escorte en visite officielle et le guide, constatant que les visiteurs n'ont que de très vagues notions de ce qu'est l'énergie atomique, a recours à une comparaison. "Le réacteur, indique-t-il, peut être assimilé à une salle de classe dont les élèves seraient des atomes d'uranium". Nous sommes alors transportés à l'intérieur du réacteur et la comparaison s'incarne sous nos yeux. Nous voyons l'institutrice en train d'essayer de faire régner la discipline au sein d'une classe agitée d'atomes d'uranium-235. Ses efforts sont réduits à néant par l'arrivée d'une

bande de neutrons chahuteurs. Elle fait appel à une bande rivale pour rétablir le calme en neutralisant les neutrons. Mais la situation ne fait qu'empirer, si bien que l'institutrice, en désespoir de cause, fait appel au professeur Boron, qui commence à rétablir l'ordre. Mais le professeur se laisse enfermer dans son bureau par les neutrons, qui recommencent à chahuter. La situation paraît vraiment compromise quand, répondant à l'appel désespéré de l'institutrice, "Superboron" fait une entrée spectaculaire et ramène définitivement le calme.

» Nous "sortons" du réacteur pour rejoindre les visiteurs, un peu dépassés par les événements auxquels ils viennent d'assister. Seul, un gamin déluré qui s'était infiltré dans l'escorte est en mesure de donner une explication précise de ce qui s'est passé, si bien que le maire et son épouse finissent par comprendre les principes de la fission nucléaire. Pressé de questions, l'enfant est obligé de révéler le secret de son immense savoir. »

Cette pièce a obtenu le deuxième prix dans la catégorie junior. Les participants étaient des élèves du secondaire qui avaient pratiquement atteint l'âge limite de participation au concours junior. Ils avaient pris sur leur temps libre pour concevoir et répéter cette pièce qui ne s'inscrivait donc pas officiellement dans leur programme d'études. Ce que ne précise pas le résumé fourni, c'est que la représentation avait adopté le style d'un opéra rock. Le mélange des paroles, de la musique et des effets de bruitage conçus et élaborés par les élèves avec l'aide et les conseils d'un chimiste et d'un professeur d'art dramatique constituait un spectacle passionnant.

« *Disco atomique* »

« La pièce s'inspire des travaux de Robert Brown, botaniste écossais du XVIII^e siècle, qui a donné son nom au mouvement brownien des particules, qu'il avait découvert en examinant des grains de pollen. Cet aspect de l'œuvre de Brown est illustré par la musique et la danse. Toutefois, ce n'est qu'au début du XX^e siècle que Weiner, Perrin et Einstein devaient apporter l'explication du mouvement brownien, que Brown avait étudié sans pouvoir l'expliquer.

» Albert Einstein apparaît en invité dans la pièce pour expliquer en termes simples le comportement des particules à l'état solide, liquide et gazeux. La scène finale exprime l'allégresse de tous d'avoir compris la théorie moléculaire de la matière.

» Nous nous sommes inspirés, pour concevoir ce spectacle, de la formule attribuée à Louis Pasteur : "Le hasard ne favorise que l'esprit préparé." »

Ce spectacle, qui a obtenu le prix de la section secondaire, associait avec beaucoup d'invention les moyens scéniques traditionnels et la danse, réussite peut-être imputable au fait que l'un des professeurs de chimie est également professeur de danse. Après le spectacle, comme l'un des jurés demandait aux élèves si le fait de produire ce spectacle leur avait permis de mieux comprendre le mouvement brownien, ce fut le professeur d'art dramatique qui répondit le premier, déclarant « en tout cas, moi, je l'ai compris ».

« *Chronos tyranos* »

« Depuis le fond des âges, l'homme est fasciné par le temps, essaie de le comprendre et rêve de le maîtriser. Les écrivains de science fiction ont flirté avec l'idée des voyages dans le temps. L'homme a toujours éprouvé le

besoin de mesurer le temps, que ce soit pour des raisons religieuses ou scientifiques, pour les besoins de l'astronomie, de la navigation ou aux fins d'expériences scientifiques. Comment expliquer cette fascination ? Quelles en sont les conséquences pour l'homme de la rue ? Avons-nous acquis une compréhension plus claire du temps ?

» Nous présentons différentes scènes pour illustrer les tentatives de l'humanité en vue d'élucider le mystère du temps. Galilée, Christiaan Huygens, Robert Hooke et Einstein sont autant de savants qui ont contribué à cette quête. Leurs découvertes ont-elles contribué à améliorer la condition humaine ? Votre montre électronique, avec tous ses perfectionnements, vous aide-t-elle dans la vie de tous les jours ou vous fait-elle simplement prendre conscience du fait qu'on ne peut pas arrêter la marche du temps ?

» Comment Galilée a-t-il entrevu les principes qui régissent le mouvement du pendule ? Qu'est-ce qui a poussé Huygens à inventer une horloge qui puisse être utilisée avec précision en mer ? Dans quelle mesure les travaux de Hooke ont-ils contribué à ce résultat ? Voilà quelques-unes des questions auxquelles nous avons essayé de répondre, en espérant que notre spectacle amènera les spectateurs à s'en poser d'autres. »

Conçu par des élèves de première (de 16 à 18 ans) n'ayant pas choisi la filière scientifique, ce spectacle abordait le problème du temps sous un angle philosophique et religieux.

Il y avait là une idée intéressante, mais qui n'avait peut-être pas été suffisamment exploitée pour créer une impression aussi forte que les spectacles des autres finalistes.

Description des autres spectacles en compétition

Les autres spectacles en compétition étaient les suivants : *Scientifiquement testés* « montrait des lapins soumettant un groupe de cobayes humains à des expériences en vue de tester et de commercialiser un nouveau produit de beauté » ; dans *La leçon de science*, « une classe ayant pour élève Newton, Einstein, Archimède, Watt, Darwin, etc., était montrée en train de s'amuser avec des bouilloires, des pommes et des pendules pendant que le professeur continuait ses élucubrations sur l'alchimie et la nécessité de prendre proprement des notes » ; un spectacle du théâtre mêlé de danse et intitulé *Usage et abus de l'énergie : rencontre dans le "no-man's land"* avait pour thème la fabrication de la bombe atomique et les retombées d'une explosion éventuelle ; enfin, un autre spectacle intitulé *Changement d'état — les atomes en folie* représentait sous une forme chorégraphique « les modifications des mouvements des particules sous l'effet de la chaleur ».

Des objectifs mieux définis

Quel enseignement, même au sens le plus large, peut-on tirer d'un tel concours, organisé sans idée préconçue répondant à des objectifs pédagogiques précis ? Les différentes phases de la compétition (établir le règlement, assister aux représentations, apprécier la qualité du travail et s'entretenir à la fois avec les élèves et les enseignants après le spectacle) ont permis de définir avec plus de précision certains objectifs et résultats.

Dans de nombreux établissements secondaires du Royaume-Uni, le programme d'études est réparti entre les différentes disciplines traditionnellement isolées les unes des autres par un cloisonnement rigide. Les exemples de

collaboration et de coopération qui abolissent ces clivages traditionnels sont rares. Toutefois, nombreux sont ceux qui estiment, au Royaume-Uni — et nous en sommes — qu'il serait très profitable de franchir plus souvent ces barrières, voire de les supprimer grâce à une collaboration et une coopération accrues entre enseignants spécialisés. Ce n'est pas ici le lieu d'examiner les raisons qui expliquent la rigidité de cloisonnement, mais nous nous sommes vite rendu compte que le concours « Science et théâtre » avait permis aux enseignants et conseillers compétents de certains établissements d'enseignement secondaire qui y participaient d'explorer les moyens d'une collaboration qu'ils n'avaient pas envisagée jusque-là.

La science rendue intéressante

Malgré une évolution sensible au cours des dernières années, les méthodes traditionnelles d'enseignement des sciences dans les écoles secondaires du Royaume-Uni n'ont guère changé depuis l'époque où le contenu des programmes était essentiellement fonction de l'attitude, des capacités et des besoins des élèves les plus doués. La science demeure trop souvent un sujet trop abstrait et rébarbatif pour la majorité des élèves et il n'est malheureusement pas rare que la perspective des examens de fin d'études secondaires transforme les cours de science en séances assommantes où l'on se préoccupe essentiellement d'apprendre par cœur. Au vu des réactions suscitées par le concours, celui-ci aura fourni à la fois l'occasion de rendre l'enseignement des sciences intéressant, accessible et surtout amusant pour un grand nombre d'élèves, et une incitation dans cette voie.

Contrairement à ce qui se passe dans les écoles secondaires, les programmes des écoles primaires du Royaume-Uni échappent fréquemment à ce compartimentage des matières traditionnelles, mais la science en est encore absente dans une grande partie des établissements. Toutefois, on constate une tendance importante à encourager l'enseignement de la science et de la technologie dans les écoles primaires, tâche complexe, pour de nombreuses raisons, et qui suppose qu'on étudie les moyens d'adapter la science au style d'enseignement en vigueur dans les écoles primaires. A en juger par les spectacles présentés dans cette catégorie, l'utilisation du théâtre pour l'enseignement des sciences au niveau du primaire présente des possibilités exaltantes qui mériteraient d'être approfondies.

Remarques finales

Nous sommes conscients de n'avoir pas cherché à savoir s'il existait d'autres tentatives en vue d'associer la science et le théâtre. Des activités de ce type pourraient avoir lieu actuellement dans le reste du monde. L'idée du concours a déjà été reprise par un ou deux centres d'enseignement du Royaume-Uni et nous attendons avec beaucoup d'intérêt le déroulement de notre concours de 1982 ; quelle que soit la valeur des élèves et des enseignants qui y participeront, nous sommes convaincus que nous en tirerons un profit considérable sur le plan des idées et de l'expérience acquise, sans parler du plaisir égoïste du spectateur! ■

Trois différentes techniques de jeu et de simulation sont décrites en détail comme exemples d'exercices permettant d'éduquer par la science, c'est-à-dire démontrant comment la science et la technologie s'inscrivent dans le vaste contexte politique, social et environnemental. Ces jeux et simulations aident aussi à inculquer un savoir-faire utile et des attitudes positives.

impact : *science et société*, vol. 32 (1982), n° 4

Des jeux et des simulations pour faire comprendre l'importance de la science dans la société

Henry Ellington, Eric Addinall et Fred Percival

Henry Ellington est maître de conférences et responsable de l'Unité de technologie pédagogique à l'Institut Robert Gordon de technologie. Eric Addinall est maître de conférences à l'École de physique de l'Institut de technologie Robert Gordon. Ils peuvent être contactés à l'adresse suivante : Robert Gordon's Institute of Technology, St. Andrew Street, Aberdeen AB1 1MG, Écosse (Royaume-Uni). Frederick Percival est conseiller en matière de systèmes d'apprentissage au Glasgow College of Technology à Glasgow (Écosse). Ils sont tous trois auteurs des ouvrages suivants : Games and simulations in science education, *Londres, Kogan Page ; New York, Nichols Publishing Co., 1981, et* An introduction to game design, *Londres, Kogan Page ; New York, Nichols Publishing Co., 1982.*

Introduction

Au cours des vingt dernières années, la simulation et le jeu ont été de plus en plus largement utilisés dans les écoles et les établissements d'enseignement supérieur du monde entier. Au début, ils s'appliquaient surtout à l'enseignement des sciences sociales et de la gestion commerciale mais, depuis quelques années, on commence à mieux apprécier les vastes possibilités de ces techniques pour l'enseignement des sciences et, notamment, leurs incidences sociales.

Depuis 1973, les auteurs ont beaucoup travaillé dans ce sens et se sont particulièrement intéressés à la conception et à l'exploitation d'exercices qui mettent en lumière l'importance de la science et de la technologie dans la société moderne.

Cet article a pour but de donner un large aperçu de la simulation et des jeux et de faire comprendre comment de telles techniques peuvent servir à démontrer l'importance sociale de la science. Il se divise en deux parties. La première passe en revue l'ensemble du problème et montre comment la simulation et les jeux à base scientifique et les études de cas simulés peuvent être utilisés avec profit dans l'enseignement secondaire et supérieur. La deuxième examine trois des exercices à la mise au point desquels les auteurs ont participé : l'un basé sur la physique (*Jeu de la centrale électrique*), un autre sur la chimie (*Problème d'Amsyn*) et le troisième sur les sciences biologiques (*Pour ou contre la fluoration*).

Distinction entre les jeux, les simulations et les études de cas

La signification de termes tels que « jeu », « simulation » et « étude de cas » n'est pas toujours claire et il serait bon de commencer par les définir. En gros, un *jeu* est une compétition entre adversaires (joueurs) agissant sous des contraintes (règles) en vue d'un objectif (gain de la partie, victoire ou avantage)[1]. Une *simulation* est une « représentation fonctionnelle des éléments principaux d'une réalité »[2]. Une *étude de cas* « est l'examen approfondi d'une situation réelle ou simulée en vue d'illustrer des caractéristiques spéciales et/ou générales »[3].

Le *scrabble* est un « jeu pur », c'est-à-dire un exercice n'ayant aucune des caractéristiques de la simulation ou des études de cas. Le *Link Trainer*, appareil d'entraînement mis au point pendant la deuxième guerre mondiale pour enseigner les techniques de base du pilotage des avions, est un exemple de « simulation pure », alors que les dossiers sur lesquels s'exercent les étudiants en droit ou en médecine sont des exemples d' « études de cas pures ». En pratique, toutefois, jeux, simulations et études de cas se chevauchent dans une large mesure, comme le montre la figure 1[3]. Le *Monopoly*, par exemple, est un jeu de simulation, alors que le recours à des acteurs pour représenter des malades dans la formation des médecins (technique inaugurée à l'Université McMaster, au Canada) est un des exemples les plus connus d'études de cas simulés. Parmi les exercices élaborés par les auteurs, beaucoup sont de ce dernier type, alors que d'autres ont des caractéristiques qui relèvent à la fois des trois catégories de base (par exemple, les trois exercices exposés dans la seconde partie).

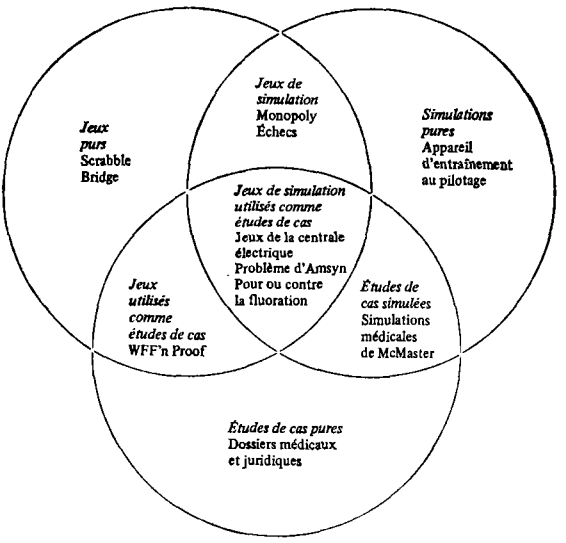


FIG. 1. Recouvrement partiel des jeux, simulations et études de cas.

Utilité des jeux de simulation à base scientifique et des études de cas simulées

Les jeux de simulation et les études de cas simulées à base scientifique présentent des caractéristiques qui leur confèrent une grande valeur pédagogique[4].

1. Très souples, ils permettent d'atteindre une large gamme d'objectifs (à la fois cognitifs et affectifs). L'expérience a montré qu'ils sont particulièrement précieux pour atteindre des objectifs situés en dehors du cadre strictement factuel des programmes scolaires traditionnels. Ces exercices ont, par exemple, l'avantage de faire apparaître l'utilité pratique de la matière étudiée, de développer le sens des relations interpersonnelles et l'art de la communication, ainsi que d'inculquer de bonnes dispositions d'esprit, comme celle qui porte à écouter et apprécier l'opinion d'autrui.
2. Ils encouragent en général les participants à utiliser et à développer leur esprit d'initiative et leur créativité, contribuant ainsi à cultiver la diversité des modes d'approche, qui est considérée comme un des fondements de l'éducation contemporaine.
3. De par leur nature même, ils suscitent généralement l'intérêt actif des participants, ce qui les rend spécialement profitables aux élèves ou étudiants peu doués. De surcroît, presque tous y prennent grand plaisir.
4. Le climat d'émulation qui existe souvent, même si groupes ou individus ne sont pas en compétition ouverte, ne manque pas d'avoir un effet stimulant.
5. Les exercices qui, comme c'est souvent le cas, se situent dans un contexte multidisciplinaire aident les participants à intégrer dans une vision cohérente et équilibrée des concepts provenant de secteurs sans rapports bien nets entre eux, ce qui est sans nul doute l'un des grands objectifs de tout système d'éducation digne de ce nom. Les exercices qui obligent les participants à formuler des jugements de valeur ou à étudier des problèmes techniques d'un point de vue qui n'est pas uniquement scientifique sont particulièrement précieux à cet égard.
6. Enfin, les exercices multidisciplinaires amènent souvent des gens qui sont spécialisés dans des domaines d'étude différents à travailler ensemble

avec efficacité et harmonie en vue d'aboutir à des fins communes. Ce sens des relations interpersonnelles est d'une très grande importance pour réussir ultérieurement dans la vie et les jeux de simulation multidisciplinaires, tels que le *Jeu de la centrale électrique* ou les projets à réaliser en équipe, sont à peu près les seuls moyens d'offrir la possibilité d'acquérir une expérience pratique dans un environnement scolaire ou universitaire.

Les auteurs estiment que les jeux et simulations à base scientifique constituent l'un des moyens les plus efficaces de remédier à ce que Bernard Dixon, ancien rédacteur en chef du *New scientist*, a appelé « l'analphabétisme technique de nos sociétés »[5], et de combler le fossé qui sépare les « deux cultures » de C. P. Snow[6].

Les jeux se manifestent dans un vaste contexte

Cela peut se faire de deux façons différentes. Tout d'abord, s'ils sont incorporés à l'enseignement des sciences, ces jeux permettent de conférer à cet enseignement un caractère large et ouvert, que ne lui donnera jamais la simple description des faits. Ils peuvent arriver à ce résultat, d'une part, en montrant comment la science et la technologie se situent dans le cadre général de la nature, de la société et de la vie politique et, d'autre part, en cultivant des techniques utiles et un état d'esprit du type décrit plus haut. En d'autres termes, ces exercices fournissent un moyen d'éducation par l'intermédiaire de la science, c'est-à-dire un moyen d'utiliser des exercices à base scientifique pour atteindre une large gamme d'objectifs pédagogiques allant bien au-delà de ceux qu'on a coutume d'associer à leur contenu intrinsèque. Deuxièmement, s'ils sont incorporés à l'enseignement des matières non scientifiques, ils peuvent servir à démontrer le rôle vital que jouent la science et la technologie dans la société industrielle moderne. Le peu de cas que les non-scientifiques font de la science et de la technologie est une caractéristique du divorce entre les deux cultures que C. P. Snow déplorait particulièrement et auquel seul, selon lui, un enseignement approprié pouvait remédier[6]. Sans aller jusqu'à prétendre que des jeux à base scientifique du type exposé ici sont capables de transformer n'importe qui en « homme de la Renaissance » du jour au lendemain, les auteurs sont persuadés qu'un large recours à de tels exercices contribuerait puissamment à instaurer le type d'éducation préconisé par Snow.

Le *Jeu de la centrale électrique* destiné aux étudiants du premier cycle

Le *Jeu de la centrale électrique* est principalement destiné aux étudiants en physique du niveau fin d'études secondaires (âgés de 17 à 19 ans), bien qu'il puisse être aisément adapté à l'usage d'élèves plus jeunes ou moins avancés[7].

L'hypothèse de départ est qu'une centrale électrique de 2 000 mégawatts doit être construite dans une certaine région (imaginaire) du Royaume-Uni. L'objectif est d'aboutir à une décision concernant le type de la centrale (à charbon, à pétrole ou nucléaire) et le lieu où elle sera construite. Les participants (nombre optimal 18) sont répartis en trois groupes dont chacun doit préparer un dossier aussi convaincant que possible en faveur d'un type de centrale. Les trois équipes présentent ensuite leur dossier au cours d'une séance plénière où un jury indépendant décide du type de centrale à

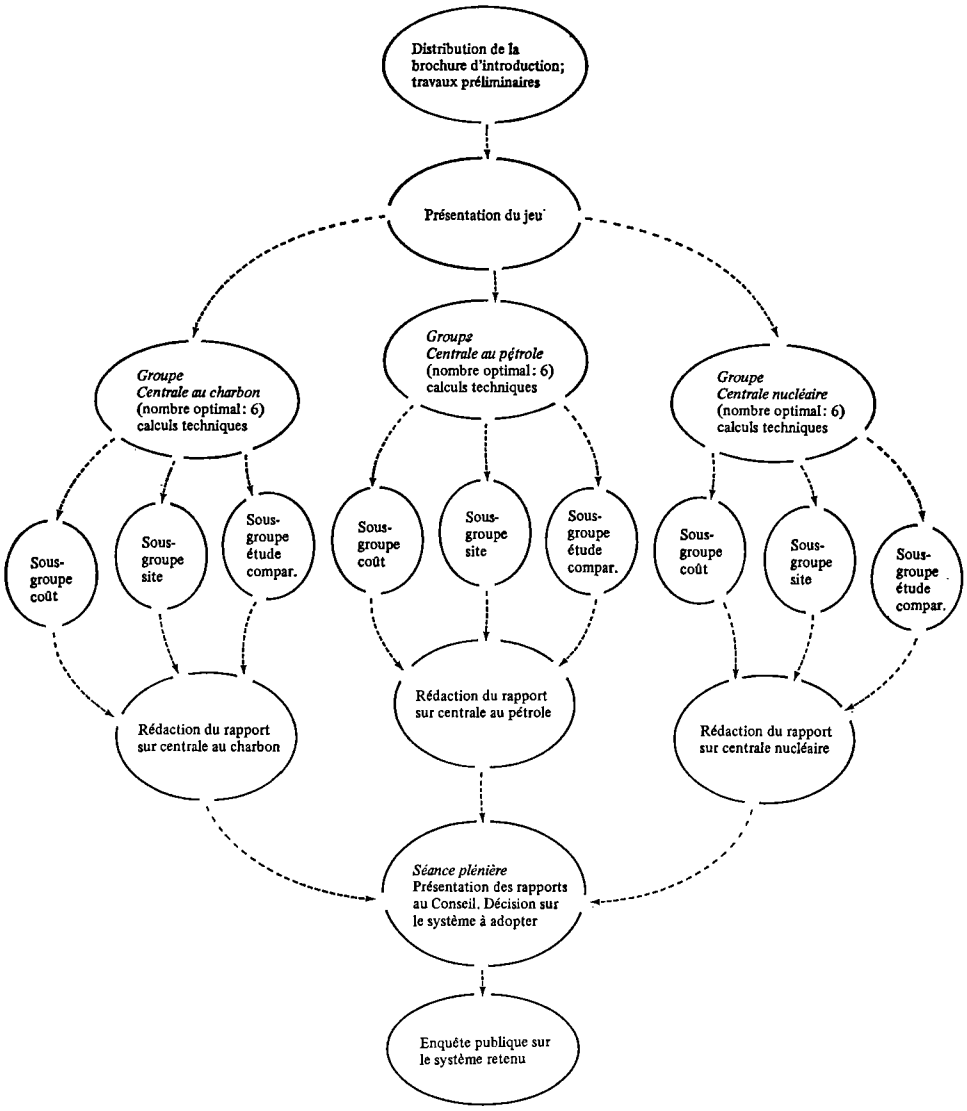

Distribution de la brochure d'introduction; travaux préliminaires
Présentation du jeu
Groupe Centrale au charbon (nombre optimal: 6) calculs techniques
Groupe Centrale au pétrole (nombre optimal: 6) calculs techniques
Groupe Centrale nucléaire (nombre optimal: 6) calculs techniques
Sous-groupe coût
Sous-groupe site
Sous-groupe étude compar.
Sous-groupe coût
Sous-groupe site
Sous-groupe étude compar.
Sous-groupe coût
Sous-groupe site
Sous-groupe étude compar.
Rédaction du rapport sur centrale au charbon
Rédaction du rapport sur centrale au pétrole
Rédaction du rapport sur centrale nucléaire
Séance plénière Présentation des rapports au Conseil. Décision sur le système à adopter
Enquête publique sur le système retenu
Phase 1
Phase 2
Phase 3
Phase 4

FIG. 2. Structure schématique du *Jeu de la centrale électrique.*

construire ; le jeu se termine par une enquête publique simulée concernant le projet retenu.

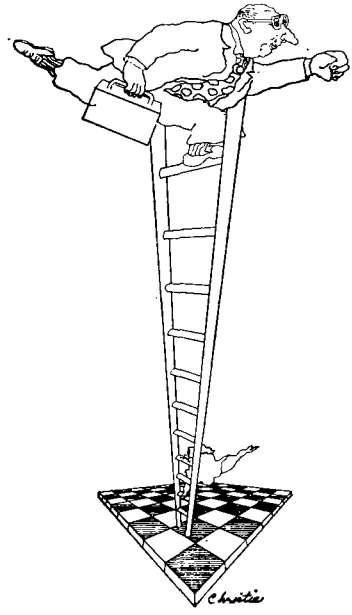
Le jeu comprend quatre phases dont chacune vise à atteindre une série d'objectifs éducatifs (voir fig. 2). Dans la première phase (qui précède le jeu proprement dit), les participants reçoivent une brochure d'introduction qu'ils doivent étudier chez eux. Cette brochure contient un exposé général sur les modes de production de l'électricité (connaissances de base indispensables à une participation efficace au jeu) ; elle contient aussi des photographies de différents types de centrale électrique et de leur équipement (pour donner une idée de l'échelle énorme de l'industrie électrique).

Les étudiants exécutent les calculs techniques

Dans la seconde phase, les étudiants (maintenant répartis en trois groupes concurrents) doivent exécuter une série de calculs techniques concernant

leur centrale. Ces calculs sont destinés à montrer comment la physique peut s'appliquer à une situation réelle importante, à donner aux étudiants l'expérience du traitement et de l'interprétation des données (les calculs s'appuient sur des données réelles fournies par des organismes tels que le Central Electricity Generating Board et l'Atomic Energy Authority du Royaume-Uni) et à les habituer à manier des grands nombres. Il faut d'abord calculer les pertes énergétiques de chaque phase du processus de production ; cela donne aux étudiants des informations sur la physique des transformateurs et des générateurs, la thermodynamique des turbines à vapeur et la nature des processus par lesquels la vapeur est produite à partir de l'énergie thermique dans une chaudière, ou à partir de l'énergie nucléaire dans un réacteur. Deuxièmement, les étudiants doivent calculer les besoins annuels en combustible de leur centrale ; cela leur apprend à connaître, par exemple, le facteur de charge et les variations saisonnières de la consommation d'énergie et leur fait prendre conscience des énormes quantités de combustible consommées par les centrales électriques (une centrale à charbon d'une puissance de 2 000 mégawatts consomme plus de 4 millions et demi de tonnes de charbon par an, soit la production d'environ 9 puits de mine britaniques moyens!). Troisièmement, les étudiants doivent calculer les quantités d'eau nécessaires au refroidissement des installations de leur centrale ; ils en tirent des enseignements sur la physique des systèmes de refroidissement direct et les divers types de tours de refroidissement. Enfin, ils doivent calculer les rythmes de production des déchets, ce qui les initie à l'emploi des masses moléculaires et les sensibilise à l'échelle des problèmes de la pollution atmosphérique et de l'élimination des déchets atomiques. En tout, ces calculs prennent environ 3 heures et représentent le principal contenu scientifique du jeu.

Dans la troisième phase, les trois groupes doivent préparer puis présenter le dossier de leur centrale. Chaque groupe doit calculer le coût des investissements initiaux et celui des frais d'exploitation, choisir le meilleur site (ils reçoivent, pour les aider, une série de cartes de la région où la centrale doit être construite, plus des cartes à grande échelle des 8 sites retenus) et



essayer de prévoir les arguments qui seront probablement invoqués en faveur des deux centrales rivales, afin d'y déceler d'éventuelles faiblesses. Ces tâches sont exécutées par trois sous-groupes de travail qui se réunissent ensuite pour établir un rapport sur le projet qui sera présenté à la séance plénière. Cette troisième phase vise à atteindre un vaste éventail d'objectifs éducatifs couvrant le mieux possible tous les domaines énumérés plus haut.

Les calculs économiques font prendre conscience aux étudiants des énormes dépenses qu'entraînent les grands projets industriels ainsi que de l'importance des facteurs financiers dans la prise des décisions techniques, tandis que le choix du site montre que ces décisions ne peuvent être prises qu'après une étude approfondie des facteurs géographiques et sociaux. D'autre part, les étudiants sont placés dans une situation où seule une coopération efficace peut assurer le succès et où leur esprit d'initiative et leur imagination (au cours de la séance plénière) peuvent se déployer largement. Enfin, la séance plénière les habitue à prendre la parole et à discuter en public. La troisième phase du jeu vise aussi à montrer aux étudiants que les problèmes de la vie réelle peuvent être d'une extrême complexité et se prêtent rarement à des solutions nettement tranchées.

La physique affecte la vie quotidienne

Comme la phase précédente, l'enquête publique simulée qui conclut le *Jeu de la centrale électrique* vise un large éventail d'objectifs éducatifs. Elle est spécialement destinée à habituer les étudiants aux débats publics et à leur faire prendre conscience du grand nombre de facteurs relatifs notamment à l'environnement naturel et humain et à la qualité de la vie dont il faut tenir compte avant de prendre une décision définitive concernant un projet de grande envergure tel que la construction d'une grosse centrale électrique. Elle a aussi pour but de faire comprendre aux participants qu'une situation peut s'envisager d'un grand nombre de points de vue différents, ce qui devrait les rendre plus ouverts à l'opinion des autres.

Il faut souligner que le but fondamental du *Jeu de la centrale électrique* n'est pas d'enseigner aux participants des faits concrets, bien qu'il leur apprenne certainement beaucoup de choses sur la physique et l'électromécanique, et aussi sur des sujets comme la géographie, l'économie et l'environnement. Son véritable objectif est de favoriser le développement de diverses techniques et aptitudes additionnelles et de certains aspects du comportement exposés ci-dessus. Il doit montrer aussi que la physique n'est pas une discipline ennuyeuse et ardue, qui n'aurait guère d'utilité que pour les scientifiques, mais qu'elle forme un domaine d'étude intéressant et d'une vaste portée, ayant d'importantes applications qui affectent la vie quotidienne de tous.

Le *Problème d'Amsyn* inculque un état d'esprit

Le *Problème d'Amsyn* est un jeu de simulation avec rôles, qui utilise une situation hypothétique dans l'industrie chimique pour habituer les étudiants à résoudre des problèmes concrets, à participer à la prise de décisions, à présenter des arguments et à prendre part à une discussion ; il vise en outre à faire comprendre les limites de la science dans la solution de certains types de problèmes et la nécessité de prendre en considération l'opinion d'autrui. Là encore, l'exercice est principalement destiné aux étudiants en sciences

du niveau de fin d'études secondaires, auprès desquels il a eu beaucoup de succès[8].

La simulation a pris comme base une petite ville écossaise (imaginaire) de 3 000 habitants, qui souffre d'un taux de chômage élevé et se trouve dans une région en déclin industriel. Une seule entreprise de quelque importance subsiste dans la ville : une petite usine de produits chimiques appelée Amsyn Ltd. Son activité principale est la production d'amines aromatiques, en deux phases : nitration d'acides mélangés suivie d'une réduction des composés nitrés par le sulfure de sodium. Cette activité est complétée par divers travaux de sous-traitance, qui sont plus sporadiques. Les deux branches d'activité combinées permettent à la société de fonctionner de façon marginale tout en fournissant du travail à environ 120 personnes, mais seule une gestion financière avisée, alliée à un bon climat social, a permis d'assurer jusqu'ici sa survie.

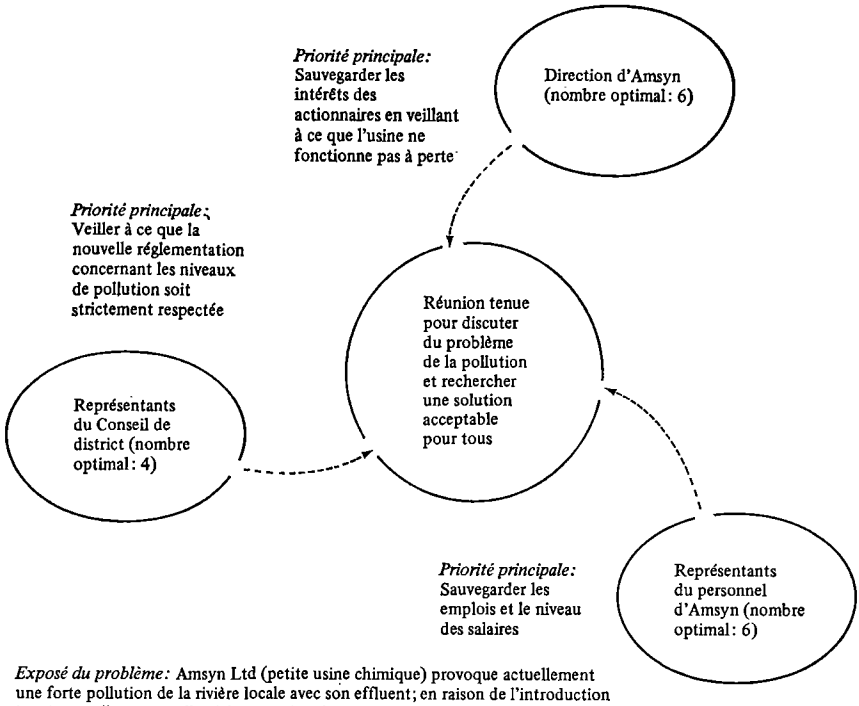
Cependant, le système de fabrication des amines entraîne la production en quantités considérables d'un effluent fortement pollué déchargé directement jusqu'ici dans une rivière proche, avec des résultats désastreux pour l'environnement. Afin d'assainir la rivière, le Conseil de district a décidé d'installer dans la ville un nouveau système d'évacuation des eaux usées dans lequel tous les effluents industriels devront être déversés. Les normes rigoureuses fixées par le conseil ont obligé les dirigeants d'Amsyn à rechercher des méthodes visant à éliminer, ou au moins à réduire, les éléments toxiques de l'effluent. Les diverses solutions envisagées comprennent un traitement à la chaux permettant d'éliminer complètement les variétés nocives d'anions sulfureux, et certaines méthodes de réduction au fer ou par catalyse. Si aucune solution chimique viable n'est trouvée, la société pourrait se voir contrainte d'envisager une fermeture partielle ou totale de l'usine, ce qui serait inacceptable sur le plan social dans une région déjà touchée par la crise.

C'est dans ce contexte que la direction d'Amsyn a convoqué une réunion pour discuter de la situation avec deux des parties concernées : les délégués syndicaux du personnel et les représentants du Conseil de district. Il est évident que, tout en souhaitant trouver une solution satisfaisante pour tous, chaque partie envisage le problème en fonction d'un ensemble de valeurs et de responsabilités qui lui sont propres (voir fig. 3).

Tous les participants (nombre optimal : 16) assistent d'abord à une brève présentation du problème sur bande magnétique et diapositives ; cette introduction a pour but de fournir les données de base tout en créant un climat réaliste. On peut toutefois se contenter de distribuer une brochure d'information aux participants, qui se scindent ensuite en trois groupes pour examiner le problème et les diverses solutions possibles. Chaque groupe doit décider de la solution qui, à son avis, serait la plus acceptable pour la catégorie qu'il représente.

Lorsque les trois groupes se retrouvent lors d'une réunion présidée par le directeur d'Amsyn, un porte-parole de chaque partie concernée présente la solution préconisée par son groupe en s'efforçant de la justifier. Cette présentation est suivie d'une discussion générale d'où devrait se dégager un accord acceptable pour tous. Si, à l'expiration du temps imparti, aucun accord sur la politique future de la société n'est intervenu, la direction doit proposer un plan d'action, sur lequel les autres parties sont invitées à donner leur avis.

Cet exercice, qui illustre un dilemme courant dans la société industrielle


Priorité principale:
Sauvegarder les intérêts des actionnaires en veillant à ce que l'usine ne fonctionne pas à perte
Direction d'Amsyn (nombre optimal: 6)
Priorité principale:
Veiller à ce que la nouvelle réglementation concernant les niveaux de pollution soit strictement respectée
Réunion tenue pour discuter du problème de la pollution et rechercher une solution acceptable pour tous
Représentants du Conseil de district (nombre optimal: 4)
Priorité principale:
Sauvegarder les emplois et le niveau des salaires
Représentants du personnel d'Amsyn (nombre optimal: 6)

Exposé du problème: Amsyn Ltd (petite usine chimique) provoque actuellement une forte pollution de la rivière locale avec son effluent; en raison de l'introduction imminente d'une nouvelle réglementation, la société est obligée de réduire cette pollution de façon radicale.
Les options: Modifications éventuelles du principal mode de production en vue de réduire la pollution (certains de ces changements impliquent des investissements élevés) *ou* la fermeture partielle ou totale de l'usine.

FIG. 3. Structure schématique du *Problème d'Amsyn.*

actuelle, place le contenu scientifique du problème dans un contexte réaliste. L'intention est de mettre en lumière les biens qui rattachent la chimie à d'autres disciplines et de montrer que des décisions de caractère purement scientifique sont souvent influencées par des considérations sociales, économiques et même morales. On voit donc que les simples équations chimiques du manuel ont des incidences qui vont bien au-delà de la théorie et même du laboratoire.

Le jeu de simulation est destiné à élargir l'horizon des joueurs

L'exercice intitulé *Pour ou contre la fluoration* est un jeu de simulation avec rôles destiné à être utilisé comme étude de cas et pour élargir l'horizon des élèves ou étudiants âgés de 16 ans environ ou plus. Il se rattache à l'enseignement de la biologie, de l'hygiène et de la place de la science dans la société. L'hypothèse de départ est que les services sanitaires du district (imaginaire) de Hadley au Royaume-Uni étudient le principe de la fluoration des eaux. Le jeu prend la forme d'une réunion publique simulée qui est convoquée par l'un des conseils sanitaires locaux. Cet exercice dure de 1 h 15 à 2 heures (selon le nombre des participants et leur niveau) et il convient à des groupes de 13 à 24 élèves ou étudiants[9].

La figure 4 donne un schéma du jeu. Une semaine environ avant la date prévue pour l'exercice, on remet à chaque participant une brochure d'introduction qu'il lira chez lui. Elle contient des informations de base sur le

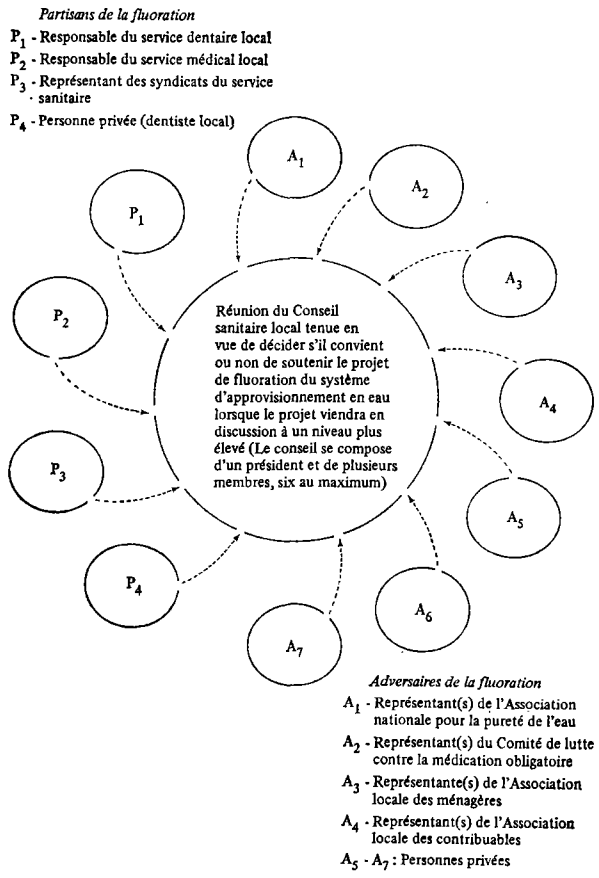

Partisans de la fluoration
P1 - Responsable du service dentaire local
P2 - Responsable du service médical local
P3 - Représentant des syndicats du service sanitaire
P4 - Personne privée (dentiste local)
Réunion du Conseil sanitaire local tenue en vue de décider s'il convient ou non de soutenir le projet de fluoration du système d'approvisionnement en eau lorsque le projet viendra en discussion à un niveau plus élevé (Le conseil se compose d'un président et de plusieurs membres, six au maximum)
Adversaires de la fluoration
A1 - Représentant(s) de l'Association nationale pour la pureté de l'eau
A2 - Représentant(s) du Comité de lutte contre la médication obligatoire
A3 - Représentante(s) de l'Association locale des ménagères
A4 - Représentant(s) de l'Association locale des contribuables
A5 - A7 : Personnes privées

FIG. 4. Structure schématique du jeu simulé *Pour ou contre la fluoration.*

fonctionnement des organes officiels locaux dans la mesure où il concerne le jeu, un résumé des caractéristiques principales de la région simulée et des indications sur le déroulement du jeu. C'est à ce moment aussi que les rôles sont répartis entre les participants qui reçoivent la brochure d'information appropriée leur permettant de préparer les arguments qu'ils présenteront.

Le jeu lui-même prend la forme d'un débat structuré au cours duquel les représentants des divers groupes, partisans et adversaires de la fluoration, font valoir leurs arguments respectifs devant les membres du Conseil sanitaire de la communauté, qui décideront s'il faudra ou non soutenir le projet de fluoration lorsqu'il sera examiné à un niveau plus élevé. L'exercice est conçu de façon à répartir entre les divers partisans de la fluoration les principaux arguments médicaux, économiques et sociaux présentés le plus souvent en faveur de cette mesure, et, entre les opposants, les objections généralement soulevées par les groupes de pression hostiles à la fluoration (voir fig. 4). Le président du Conseil sanitaire dirige les débats, donne la parole aux orateurs dans un ordre fixé à l'avance et utilise le temps qui reste pour une discussion publique.

Ce jeu illustre le type de conflit qui se déclare presque toujours entre les partisans d'une mesure controversée, qui avancent en général des arguments détaillés tendant à prouver qu'elle serait profitable à l'ensemble de la collectivité sur le plan technique ou économique, et ses adversaires, qui affirment

généralement que son adoption violerait les droits de l'individu ou engendrerait des retombées inacceptables (bien que souvent non quantifiables) pour l'environnement naturel ou social. Pour résoudre de telles questions, il faut presque toujours s'appuyer sur des jugements de valeur plutôt que sur une évaluation rationnelle des faits, ce qui justifie pleinement la structure « radiale » utilisée dans le cas présent (fig. 4). L'exercice fournit donc un bon exemple du type d'approche qui peut convenir quand on traite de problèmes de ce genre dans un cadre scolaire.

Avant sa publication, le jeu intitulé *Pour ou contre la fluoration* a fait l'objet, dans trois écoles d'Aberdeen, d'essais destinés à évaluer son efficacité pédagogique[10]. Ces essais ont été extrêmement encourageants. Ils ont montré que les objectifs, tant cognitifs qu'affectifs, étaient atteints et que le jeu était incontestablement très apprécié aussi bien par les élèves que par les maîtres. On a observé en outre (sans en être totalement surpris) que les participants avaient tendance à se figer dans leurs rôles. Ceux qui avaient été chargés de plaider pour la fluoration s'étaient eux-mêmes peu à peu convaincus de ses mérites, alors que ceux qui avaient fini par adopter personnellement une attitude franchement hostile avaient mission de combattre le projet. Les responsables de la conception des jeux et de leur mise en œuvre doivent faire preuve d'une grande vigilance vis-à-vis d'une telle polarisation, car elle risque d'avoir, dans certaines circonstances, des effets négatifs, voire franchement nuisibles. ■

Notes

1. Cette définition du *jeu*, qui est généralement admise, a été donnée pour la première fois par C. C. Abt dans « Games for learning », article inclus dans S. S. Boocock et E. O. Schild (dir. publ.), *Simulation games in learning*, Beverley Hills, CA, Sage Publications, 1968.
2. C'est la définition type d'une *simulation* ; elle a été donnée pour la première fois par H. Guetzkow dans *Simulation in international relations*, Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall, 1963.
3. Cette définition d'une *étude de cas* a été proposée pour la première fois par F. Percival et H. I. Ellington dans « The place of case studies in the simulation/gaming field », étude contenue dans P. Race et D. Brook (dir. publ.), *Perspectives on academic gaming and simulation 5*, Londres, Kogan Page, 1980. (La figure 1 a paru également pour la première fois dans cette étude.)
4. Les aspects pédagogiques des jeux et simulations et les applications potentielles de tels exercices dans l'enseignement des sciences sont exposés en détail dans un ouvrage récent des auteurs du présent article : *Games and simulations in science education*, Londres, Kogan Page ; New York, Nichols Publishing Co., 1981.
5. Voir « Education for participants », *New scientist*, vol. 79, 1978, n° 1117, p. 530.
6. Voir C. P. Snow, *The two cultures and the scientific revolution*, Cambridge (Royaume-Uni), Cambridge University Press, 1959.
7. Le *Jeu de la centrale électrique* est décrit en détail dans H. I. Ellington, N. H. Langton et M. E. Smythe, « The use of simulation games in schools—a case study », étude contenue dans P. Hills et J. Gilbert (dir. publ.), *Aspects of educational technology XI*, Londres, Kogan Page, 1977. On peut se procurer le jeu lui-même en s'adressant à The Institution of Electrical Engineers, Station House, Nightingale Road

Hitchin, Herts, Royaume-Uni. Prix : 25 livres (à l'intérieur du Royaume-Uni), 30 livres (en dehors du Royaume-Uni), emballage et affranchissement compris dans les deux cas.

8. Le *Problème d'Amsyn* est exposé en détail dans H. I. Ellington et F. Percival, « Educating 'through' science using multi-disciplinary simulation games », *Programmed learning and educational technology*, vol. 14, n° 2, 1977, p. 117. Pour recevoir le jeu lui-même, s'adresser au Scottish Council for Educational Technology, Dowanhill, Victoria Crescent, Glasgow (Royaume-Uni). Prix : 8 livres 50.
9. Le jeu *Pour ou contre la fluoration* est décrit en détail dans F. Percival et H. I. Ellington, « Fluoridation?—a role-playing simulation game for schools and colleges », *SAGSET journal*, vol. 8, n° 3, 1978, p. 93. On peut se procurer le jeu lui-même en s'adressant à The Institution of Electrical Engineers, Station House, Nightingale Road, Hitchin, Herts (Royaume-Uni). Prix : 7 livres (à l'intérieur du Royaume-Uni), 10 livres (en dehors du Royaume-Uni), emballage et affranchissement compris dans les deux cas.
10. Voir F. Percival et H. I. Ellington, « An attempt to evaluate 'Fluoridation?' —a role-playing simulation exercise », étude contenue dans J. Megarry (dir. publ.), *Perspectives on academic gaming and simulation 4*, Londres, Kogan Page, 1979.

Pour approfondir le sujet

BUCHINOL, G. Enseignement et informatique, *Sciences et techniques*, n° 81, octobre 1981.

Tribune des lecteurs

Nous serons heureux de publier des lettres contenant des avis motivés — favorables ou non — sur tout article publié dans *impact* ou présentant les vues des signataires sur les sujets traités dans notre revue. Prière d'adresser toute correspondance à : Rédacteur, *impact : science et société*, Unesco, 7, place de Fontenoy, 75700 Paris (France).

Amélioration des systèmes d'alerte aux catastrophes naturelles

La lettre qui suit nous est adressée par M. Robert Schware du National Center for Atmospheric Research, P.O. Box 3000, Boulder, CO 80307 (États-Unis d'Amérique).

Parmi les très nombreux problèmes auxquels les pays en développement et les pays développés devront probablement faire face au cours des prochaines décennies figure celui des dommages causés par les catastrophes naturelles.

L'amélioration de l'efficacité, et donc de la valeur sociale, des systèmes d'alerte aux catastrophes naturelles est une question qui suscite un très grand intérêt parmi les organisations internationales, les agences gouvernementales, les organisations non gouvernementales et les instituts de recherche. L'Organisation météorologique mondiale (OMM), la Commission économique et sociale pour l'Asie et le Pacifique (CESAP), le Bureau du coordonnateur des Nations Unies pour les secours en cas de catastrophe (UNDRO), la Ligue des sociétés de la Croix-Rouge, entre autres, ont participé à des programmes destinés à améliorer les capacités de prévision et d'alerte et à mettre au point des méthodes permettant d'assurer la diffusion des alertes et l'échange des informations afin de diminuer les pertes en vies humaines et les destructions causées par les inondations, les typhons et les ondes de tempête.

Aux États-Unis d'Amérique, l'Agency for International Development (AID) s'intéresse tout particulièrement à l'amélioration des systèmes d'alerte avancée par l'intermédiaire de son Office of Foreign Disaster Assistance (OFDA). Par exemple, elle exécute actuellement un programme d'assistance technique et de formation dont bénéficient des représentants du gouvernement du Bangladesh pour appliquer la technique de l'observation météorologique par satellite à la détection et à la surveillance des cyclones, ainsi que d'autres pays riverains du golfe du Bengale pour qu'ils élaborent des modèles mathématiques permettant d'estimer la probabilité qu'ont certains points géographiques autour du golfe d'être atteints par un cyclone. D'autre part, le Center for Environmental Assessment Services (CEAS) de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) met actuellement au point un programme d'alerte avancée qui fournira en temps utile des informations sûres concernant les risques potentiels de déficit des productions vivrières dû à des conditions climatiques anormales tandis que l'Environmental and Societal Impacts Group (ESIG) du National Center for

Atmospheric Research (NCAR) s'intéresse à la valeur sociale et à l'utilisation des informations relatives aux prévisions et aux alertes climatologiques dans les pays en développement.

Les programmes nationaux et internationaux d'assistance technique et de formation mentionnés ci-dessus coûtent plusieurs millions de dollars. Pourtant, il ne semble pas qu'on se soit beaucoup préoccupé de savoir si ces systèmes de prévision, de prédiction et d'alerte serviront aux utilisateurs finals, spécialement aux populations les plus exposées, par exemple celles des villages. D'autre part, on n'a guère réfléchi à la question de savoir si ces systèmes, élaborés dans des pays développés, sont la forme la plus « appropriée » de transfert de technologie.

En outre, certains obstacles tels que l'idéologie, la politique et les valeurs traditionnelles donnent à penser que ni les progrès scientifiques réalisés dans l'étude des causes des catastrophes naturelles ni les améliorations techniques apportées aux systèmes de prévision et d'alerte ne bénéficieront aux utilisateurs prévus des informations relatives aux prévisions et à l'alerte. Dans des situations différentes, on a constaté que les plans officiels de diffusion des alertes existent, mais qu'en pratique ils ne sont pas adaptés aux conditions locales, sociales et saisonnières. Certains groupes et communautés ne sont pas rattachés au système d'alerte officiel. Des systèmes communautaires d'alerte se créent par nécessité et, souvent, ils complètent les systèmes officiels organisés sans que ces deux systèmes s'excluent mutuellement.

On connaît de nombreux exemples de systèmes communautaires fiables et efficaces utilisés pour avertir les populations exposées au risque de catastrophe ; or les nombreux organismes chargés des transferts de technologie, notamment les agences nationales et internationales, les institutions bénévoles et les instituts de recherche, ne leur ont accordé que très peu d'attention. Une centaine de réseaux de prévision et d'alerte auto-assistés fonctionnent aux États-Unis pour les bassins versants d'affluents qui ne sont pas rattachés au National Weather Service River Forecasting System. Ces systèmes n'échappent pas nécessairement aux contraintes socio-économiques et techniques, mais ils constituent un moyen complémentaire permettant de détecter, d'interpréter et de relayer les informations d'alerte aux crues.

Une attention plus grande devrait également être accordée aux connaissances techniques particulières des populations rurales concernant leur environnement, leur culture et leur contexte social. De grandes zones géographiques ne sont pas couvertes par les programmes officiels de prévision et d'alerte qui, souvent, cessent de fonctionner au moment où ils sont le plus nécessaire. Les populations rurales ont en général une profonde compréhension empirique de leur écosystème et elles ont accumulé avec le temps un savoir collectif concernant les moyens de prévoir les catastrophes naturelles. Les conséquences de ces techniques sur le plan fonctionnel, en rapport avec les besoins directs des populations rurales, devraient leur donner une importance suffisante pour qu'elles soient étudiées par les milieux scientifiques et technologiques officiels.

Robert SCHWARE

Une nouvelle glaciation aurait-elle dû se réaliser ?

G. Paul Gretton-Watson, physicien et consultant en informatique, nous fait part également de ses commentaires sur impact, *vol. 32, n° 1, janvier-mars 1982, sur le thème « Les forces violentes de la nature ». Son adresse est la suivante : 6B Hillside Road, Streatham Hill, London SW2 3HN (Royaume-Uni).*

Si *impact* (vol. 32, n° 1, janvier-mars 1982), sur « Les forces violentes de la nature » traite admirablement des risques naturels qui font actuellement peser les plus graves dangers sur l'espèce humaine, il ne mentionne qu'incidemment le risque d'une nouvelle glaciation, qui aurait dû se réaliser depuis deux millénaires et qui constitue à long terme la menace la plus sérieuse pour notre espèce.

Contrairement à ce qu'on pourrait penser, c'est parce que la Terre traverse une période interglaciaire que 10,4 % seulement de la superficie du globe est recouverte de glaces, mais cet état n'est pas normal. En effet, depuis un million d'années, la période interglaciaire n'a guère occupé que 100 000 ans, tandis que l'ère glaciaire s'est étendue sur 900 000 ans durant lesquels, d'après les estimations les mieux fondées, 28 à 30 % de la superficie du globe étaient couverts d'une couche de glace d'environ 800 mètres d'épaisseur.

D'après des chercheurs de l'Université de Londres, la prochaine période glaciaire devrait provoquer une famine entraînant des centaines de millions de morts et des dégâts économiques très comparables aux séquelles d'une guerre nucléaire. (La fonte des calottes glaciaires causerait autant de morts, voire davantage, mais le phénomène ne s'étendrait pas sur une période aussi longue.)

Depuis un siècle environ, on a proposé diverses théories pour expliquer les phénomènes de glaciation, la plus connue étant celle de Croll et Milankovitch, qui fait intervenir des phénomènes astronomiques. Mais, en 1981, Fred Hoyle a publié une théorie révolutionnaire selon laquelle les glaciations seraient déclenchées par la chute de météorites de pierre et arrêtées par la chute de météorites de fer ; il a opposé aux thèses de Croll et Milankovitch divers arguments, dont le principal est que leur théorie lui paraît insuffisante pour expliquer le refroidissement très spectaculaire de la Terre durant les périodes glaciaires. Fred Hoyle propose, pour éviter de nouvelles glaciations, d'appliquer pendant une période de quatre millénaires une technique visant à augmenter l'énergie solaire des océans en amenant par pompage les eaux froides du fond des océans à la surface, technique qui, de surcroît, pourrait être profitable du point de vue énergétique.

La proposition de Fred Hoyle a dû amener quantité de personnes à se poser toute une série de questions, dont une — et non la moindre — est de savoir comment faire pour tester et avérer la théorie de Hoyle d'une façon qui satisfasse la communauté scientifique mondiale, et une autre de savoir s'il ne serait pas possible de provoquer et de contrôler la chute d'astéroïdes de fer pour éventuellement mettre fin à une nouvelle période glaciaire (comme j'en ai moi-même fait la suggestion, récemment, dans les colonnes d'*Astronautics and aeronautics*, qui est la revue de l'American Institute of Aeronautics and Astronautics).

Puis-je me permettre de suggérer que cette question soit abordée dans un prochain numéro d'*impact* ?

G. Paul GRETTON-WATSON

LA REVUE DU PALAIS DE LA

découverte

vous intéresse !

- La **chronique** de **Fernand LOT,**
- Le texte intégral de **conférences** prononcées au Palais de la Découverte, par exemple : Les services de télécommunications, possibilités actuelles et perspectives, par J.-M. Chaduc ; Vaincre le cancer, prévention et traitement, par Raymond Daudel ; Etat actuel de la prévision des séismes, par G. Jobert ; Quelques concepts de Claude Bernard, leur intérêt actuel, par J.-L. Parrot ; Y a-t-il des risques d'avitaminose en France ?, par B. Wattier.
- L'annonce des cycles de **conférences d'initiation** aux sciences et techniques modernes.
- Le commentaire détaillé des **expositions temporaires** qui permet de bénéficier pleinement de l'intérêt de l'exposition. Un bon nombre de celles-ci circulent ensuite dans les diverses régions de France : **« LE QUARTZ ET LE MONDE DES MINERAUX » ; « AUJOURD'HUI LA DENT » ; « VISIBLE-INVISIBLE, ASPECTS DE LA PHOTOGRAPHIE SCIENTIFIQUE » ; « EINSTEIN, SA VIE, SON ŒUVRE ».**
- Des rubriques sur les **expériences** présentées au **Palais de la Découverte.**
- Le programme détaillé de **toutes les activités du Palais de la Découverte.**

ESP. 81

BULLETIN D'ABONNEMENT

REVUE DU PALAIS DE LA DECOUVERTE

NOM _____ PRENOM _____
(Lettres capitales)

ADRESSE _____

_____ PROFESSION _____

10 numéros mensuels plus 1 ou 2 numéros spéciaux par an :
France : **75 F.** Etranger : **95 F** (mandat international). Abonnement de soutien : **150 F.**
Règlement par chèque bancaire ou postal (3 volets) à l'ordre du PALAIS DE LA DECOUVERTE
Avenue Franklin-D.-Roosevelt — 75008 Paris — Tél. : 359.16.65.

A venir...

Le prochain numéro d'**impact : science et société** aura pour thème

La gestion de nos ressources en eau douce

Parmi les auteurs : Guillermo J. Cano, président, Association internationale pour les ressources en eau douce, *Argentine*; Maurice E. Albertson, professeur au College of Engineering, Colorado State University, *États-Unis d'Amérique*; Slaheddine El Amami, directeur, Centre de recherche du génie rural, *Tunisie*; Gyorgy Kovács, directeur, Centre de recherche pour le développement des ressources en eau douce, *Hongrie*.

Vol. 33, nº 2 (avril-juin 1983)
L'année prochaine : 1984

Vol. 33, nº 3 (juillet-septembre 1983)
La chimie des produits naturels

Vol. 33, nº 4 (octobre-décembre 1983)
Comprendre la toxicomanie

Vol. 34, nº 1 (janvier-mars 1984)
La dérive des continents dans l'avenir

Vol. 34, nº 2 (avril-juin 1984)
L'esprit créateur dans le monde scientifique

A l'agent de vente pour mon pays
(ou à l'Unesco, PUB-Ventes, 7, place de Fontenoy, 75700 Paris, France)

Je désire souscrire un abonnement à **impact** (4 numéros par an)

☐ Édition anglaise ☐ arabe ☐ espagnole* ☐ française

Ci-joint, en paiement, la somme de _____

(Prix, frais de port inclus : un an, 62 francs; deux ans, 100 francs. Pour connaître le tarif de l'abonnement en monnaie locale, consultez l'agent de vente pour votre pays.)

Nom _____

Adresse _____

_____

(Prière d'écrire à la machine ou en majuscules d'imprimerie) Signature

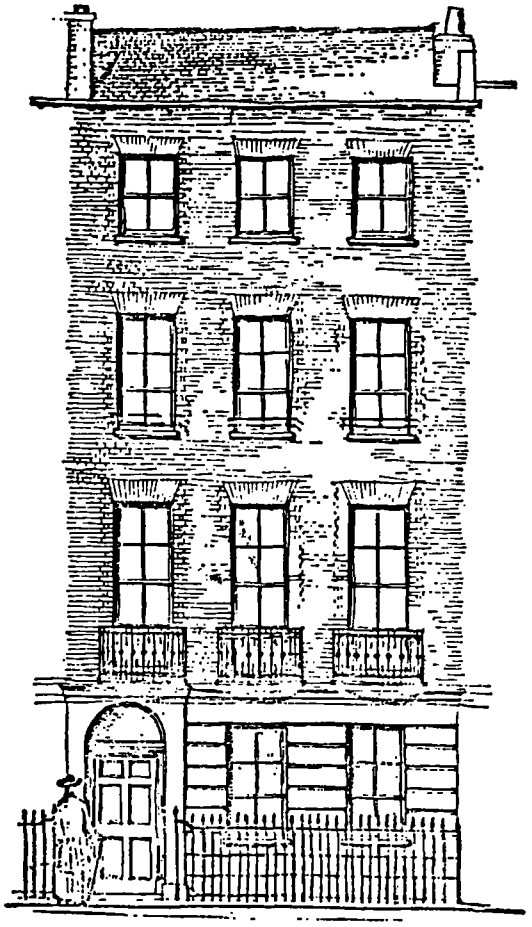
☐ Nouvel abonnement ☐ Réabonnement

* Pour s'abonner à l'édition espagnole, prière de s'adresser à : Oficina de Educación Iberoamericana, Ciudad Universitaria, Madrid-3 (Espagne).

impact science et société

Science & Public Policy

THE JOURNAL OF THE SCIENCE POLICY FOUNDATION



SCIENCE & PUBLIC POLICY

- **provides information on national policies for science and technology and their effects**
- **analyzes the social and political environments**
- **examines the role of science and technology in government, and industry**
- **explores various types of public participation and their influences on national and international policies**

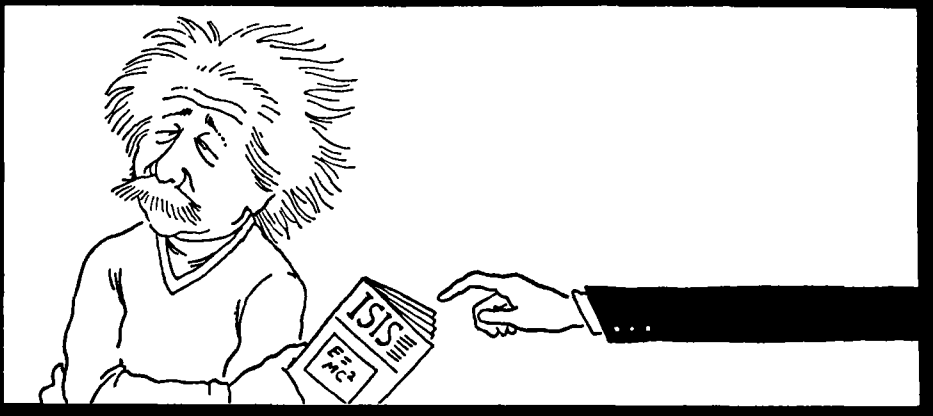
SCIENCE & PUBLIC POLICY brings together research relevant to policy making on development, agriculture, energy, public administration, health service, and R and D management.

For further information contact
Jan Holloway

IPC Science and Technology Press Limited, P.O. Box 63, Westbury House, Bury Street, Guildford, Surrey, England GU2 5BH

Telephone: 0483-31261
Telex 859556 SCITEC G

ARE YOU STILL READING SOMEONE ELSE'S COPY OF ISIS?



IF SO, now is the time to enter your own subscription. **Isis,** the official journal of the History of Science Society, is the leading journal in the field.

Isis keeps over 3300 subscribers in nearly fifty countries up to date on all developments in the history of science with articles, critiques, documents and translations. Along with these, its notes and correspondence and news of the profession provide useful information to professionals, educators, scholars and graduate students.

Lively essay reviews and over 200 book reviews a year cover every specialty in the history of science, technology and medicine.

In addition to your four quarterly issues of **Isis** you will also receive:

- Membership in the History of Science Society.
- The annual *Critical Bibliography* listing over 3500 publications in the history of science, technology and medicine from the preceding year.
- The *Triennial Guide* containing directories of members and scholarly programs and information on 90 journals in the field.
- The quarterly *Newsletter* providing current news of the profession, including employment opportunities and approaching meetings.

ISIS

Isis Publication Office
University of Pennsylvania
215 South 34th St./D6
Philadelphia, Pa. 19104

YES! Please send me Isis for the calendar year(s) _____ and _____

$22 for one year ($13 for students). $42 for two years ($24 for students).

_____ Check enclosed _____ Bill me.
(Issues sent on receipt of payment.)

NAME _____

ADDRESS _____

_____

Favor de suscribirme a la revista Ciencia y Desarrollo.

	UN AÑO	DOS AÑOS	TRES AÑOS
normal:	☐ 200 pesos	☐ 410 pesos	☐ 610 pesos
extranjero:	☐ 16 Dls.	☐ 33 Dls.	☐ 49 Dls.

Adjunto cheque ☐ giro postal ☐

Nombre _____

_____

Dirección _____

_____ Z.P. _____

Ciudad _____

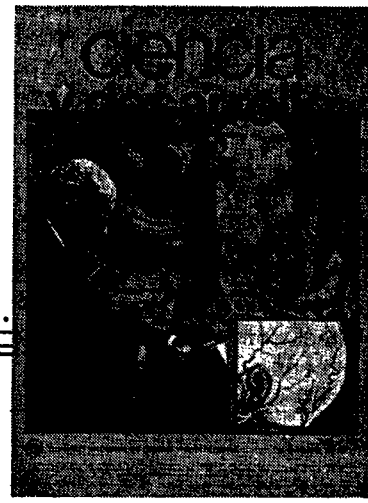
Estado _____

_____ Teléfono _____

La actualidad de la ciencia y la tecnología en Ciencia y Desarrollo, se publica bimestralmente.

Envíe este cupón y cheque o giro postal a:
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología,
Insurgentes sur 1814, 8° Piso.
México 20, D.F.
De venta en tiendas de descuento, grandes almacenes y librerías.
$ 40.00 pesos.

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
Dirección de Publicaciones



la mejor fuente de información que ha caído en mis manos... El interferón, los hoyos negros, Kant, Adler, Bronowsky y muchos más en un lenguaje claro y sencillo. Vale la pena.

PUBLICATIONS DE L'UNESCO : AGENTS DE VENTE

AFRIQUE DU SUD : Van Schaik's Bookstore (Pty.) Ltd., Libri Building, Church Street, P.O. Box 724, PRETORIA.
ALBANIE : N. Sh. Botimeve Naim Frasheri, TIRANA.
ALGÉRIE : Institut pédagogique national, 11, rue Ali-Haddad (ex-rue Zaâtcha), ALGER. Société nationale d'édition et de diffusion (SNED), 3, boulevard Zirout-Youcef, ALGER. Office des publications universitaires (OPU), 29, rue Abou Nouas, Hydra, ALGER.
ALLEMAGNE (RÉP. FÉD.) : S. Karger GmbH, Karger Buchhandlung, Angerhofstr. 9, Postfach 2, D-8034, GERMERING/MÜNCHEN ; « *Le Courrier de l'Unesco* » *(éditions allemande, anglaise, espagnole et française)* : M. Herbert Baum, Deutscher Unesco-Kurier Vertrieb, Besaltstrasse 57, 5300 BONN 3 ; *Pour les cartes scientifiques seulement* : Geo Center, Postfach 800830, 7000 STUTTGART 80.
ANGOLA : Distribuidora Livros e Publicações, Caixa Postal 2848, LUANDA.
ANTILLES FRANÇAISES : Librairie « Au Boul' Mich' », 1, rue Perrinon et 66, avenue du Parquet, 97200 FORT-DE-FRANCE (Martinique).
ANTILLES NÉERLANDAISES : G.C.T. Van Dorp-Eddine N.V., P.O. Box 200, WILLEMSTAD (Curaçao N.A.).
ARGENTINE : Librería El Correo de la Unesco, EDILYR S.R.L., Tucumán 1685, 1050 BUENOS AIRES.
AUSTRALIE : *Publications :* Educational Supplies Pty Ltd., P.O. Box 33, BROOKVALE 2100, N.S.W. *Périodiques :* Dominie Pty Ltd., P.O. Box 33, BROOKVALE 2100, N.S.W. *Sous-agent :* UNAA, P.O. Box 175, 5th Floor, Ana House, 28 Elizabeth Street, MELBOURNE 3000. Hunter Publications, 58A Gipps Street, COLLINGWOOD VICTORIA 3006.
AUTRICHE : Buchhandlung Gerold and Co., Graben 31, A-1011 WIEN.
BANGLADESH : Bangladesh Books International Ltd., Ittefaq Building, 1 R. K. Mission Riad, Hatkhola, DACCA 3.
BELGIQUE : Jean De Lannoy, 202, avenue du Roi, 1060 BRUXELLES. CCP 000-0070823-13.
BÉNIN : Librairie nationale, B.P. 294, PORTO NOVO.
BIRMANIE : Trade Corporation no. (9), 550-552 Merchant Street, RANGOON.
BOLIVIE : Los Amigos del Libro : casilla postal 4415, LA PAZ ; avenida de las Heroinas 3712, casilla 450, COCHABAMBA.
BRÉSIL : Fundação Getúlio Vargas, Serviço de Publicaçoes, caixa postal 9.052-ZC-02, Praia de Botafogo 188, RIO DE JANEIRO (GB).
BULGARIE : Hemus, Kantora Literatura, bd. Rousky 6, SOFIJA.
CANADA : Éditions Renouf Limitée, 2182, rue Sainte-Catherine Ouest, MONTRÉAL, Qué. H3H 1M7.
CHILI : Bibliocentro Ltda., Constitución n.° 7, casilla 13731, SANTIAGO (21). Librería La Biblioteca, Alejandro I 867, casilla 5602, SANTIAGO 2.
CHINE : China National Publications Import and Export Corporation, P.O. Box 88, BEIJING.
CHYPRE : « MAM » Archbishop Makarios, 3rd Avenue P.O. Box 1722, NICOSIA.
COLOMBIE : Instituto Colombiano de Cultura, carrera 3A, n.° 18/24, BOGOTÁ.
CONGO : Librairie populaire, B.P. 577, BRAZZAVILLE. Commission nationale congolaise pour l'Unesco, B.P. 493, BRAZZAVILLE.
COSTA RICA : Librería Trejos S.A., apartada 1313, SAN JOSÉ. Téléphonos : 2285 y 3200.
CÔTE-D'IVOIRE : Librairie des Presses de l'Unesco, Commission nationale ivoirienne pour l'Unesco, B.P. 2871, ABIDJAN.
CUBA : Ediciones Cubanas, O'Reilly n.° 407, LA HABANA. « *Le Courrier* » *seulement :* Empresa COPREFIL, Dragones n.° 456 e/Lealtad y Campanario, LA HABANA 2.
DANEMARK : Munksgaard Export and Subscription Service, 35 Nørre Søgade, DK 1370, KØBENHAVN K.
ÉGYPTE : Unesco Publications Centre, 1 Tallat Harb Street, CAIRO.
EL SALVADOR : Librería Cultural Salvadoreña S.A., calle Delgado, n.° 117, apartado postal 2296, SAN SALVADOR.
ÉQUATEUR : *Périodiques seulement :* DINACUR Cia. Ltda, Pasaje San Luis 325 y Matovelle (Santa Prisca), Edificio Checa Ofc. 101, QUITO. *Pour les publications seulement :* Libreria Pomaire. Amazonas 863, QUITO. *Périodiques et publications :* Casa de la Cultura Ecuatoriana. Nucleo del Guayas, Pedro Moncayo y 9 de Octubre, casilla de correo 3542, GUAYAQUIL.
ESPAGNE : Mundi-Prensa Libros S.A., apartado 1223, Castelló 37, MADRID 1. Ediciones Liber, apartado 17, Magdalena 8, ONDÁRROA (Vizcaya). DONAIRE, Ronda de Outeiro 20, apartado de correos 341, LA CORUÑA. Librería Al-Andalus, Roldana 1 y 3, SEVILLA 4. Librería Castells, Ronda Universidad 13, BARCELONA 7.
ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE : Unipub, 345 Park Avenue South, NEW YORK, N.Y. 10010.
ÉTHIOPIE : Ethiopian National Agency for Unesco, P.O. Box 2996, ADDIS ABABA.
FINLANDE : Akateeminen Kirjakauppa, Keskuskatu 1, 00100 HELSINKI 10. Suomalainen Kirjakaupa OY, Koivuvaarankuja 2, 01640 VANTAA 64.
FRANCE : Librairie de l'Unesco, 7, place de Fontenoy, 75700 PARIS ; CCP Paris 12598-48.
GHANA : Presbyterian Bookshop Depot Ltd. P.O. Box 195, ACCRA. Ghana Book Suppliers Ltd., P.O. Box 7869, ACCRA. The University Bookshop of Cape Coast. The University Bookshop of Legon, P.O. Box 1, LEGON.
GRÈCE : Grandes librairies d'Athènes (Eleftheroudakis, Kauffman, etc.).
GUADELOUPE : Librairie-Papeterie Carnot-Effigie, 59, rue Barbès, POINTE-À-PITRE.
GUATEMALA : Comisión Guatemalteca de Cooperación con la Unesco, 3.ª avenida 13-30, zona 1, apartado postal 244, GUATEMALA.
GUINÉE : Commission nationale guinéenne pour l'Unesco, B.P. 964, CONAKRY.
HAÏTI : Librairie « A la Caravelle », 26, rue Roux, B.P. 111, PORT-AU-PRINCE.
HAUTE-VOLTA : Librairie Attie. B.P. 64, OUAGADOUGOU. Librairie catholique « Jeunesse d'Afrique », OUAGADOUGOU.
HONDURAS : Libreria Navarro, 2.ª avenida, n.° 201, Comayaguela, TEGUCIGALPA.
HONG-KONG : Federal Publications (HK) Ltd., 2D Freder Centre, 68 Sung Wong Toi Road, Tokwawan, KOWLOON. Swindon Book Co., 13-15 Lock Road, KOWLOON. Government Information Services, Publication Section, Baskerville House, 22 Ice House Street, HONG KONG.
HONGRIE : Akadémiai Könyvesbolt, Váci u. 22, BUDAPEST V. A.K.V. Könyvtárosok Boltja, Népköztársaság utja 16, BUDAPEST VI.
INDE : Orient Longman Ltd. : Kamani Marg, Ballard Estate, BOMBAY 400038 ; 17 Chittaranjan Avenue, CALCUTTA 13 ; 36A Anna Salai, Mount Road MADRAS 2 ; B-3/7 Asaf Ali Road, NEW DELHI 1. 80/1 Mahatma Gandhi Road BANGALORE-560001 ; 3-5-820 Hyderguda, HYDERABAD-500001. *Sous-dépôts :* Oxford Book and Stationery Co., 17 Park Street, CALCUTTA 700016 ; Scindia House, NEW DELHI 110001. Publication Unit, Ministry of Education and Culture, Ex. AFO Hutments, Dr. Rajendra Prasad Road, NEW DELHI 110001.
INDONÉSIE : Bhratara Publishers and Booksellers, 29 Jl. Oto Iskandardinata III, JAKARTA. Gramedia Bookshop, Jl. Gadjah Mada 109, JAKARTA. Indira P.T., Jl. Dr. Sam Ratulangi 37, JAKARTA PUSAT.
IRAK : McKenzie's Bookshop, Al-Rashid Street, BAGHDAD.
IRAN : Commission nationale iranienne pour l'Unesco, avenue Iranchahr Chomali n° 300, B.P. 1533, TÉHÉRAN. Kharazmie Publishing and Distribution Co., 28 Vessal Shirazi Street, Englehab Avenue, P.O.B. 314/1486, TÉHÉRAN.
IRLANDE : The Educational Company of Ireland Ltd., Ballymount Road, Walkinstown, DUBLIN 12.
ISLANDE : Snaebjörn Jonsson & Co., H.F., Hafnarstraeti 9, REYKJAVIK.
ISRAËL : A.B.C. Bookstore Ltd., P.O. Box 1283, 71 Allenby Road, TEL AVIV 61000.
ITALIE : LICOSA (Libreria Commissionaria Sansoni S.p.A.), Via Lamarmora 45, casella postale 552, 50121 FIRENZE.
JAMAHIRIYA ARABE LIBYENNE : Agency for Development of Publication and Distribution, P.O. Box 34-35, TRIPOLI.
JAMAÏQUE : Sangster's Book Stores Ltd., P.O. Box 366, 101 Water Lane, KINGSTON.
JAPON : Eastern Book Service Inc., Shuhwa Toranomon 3-Bldg, 23-6 Toranomon 3-chome Minato-ku, TOKYO 105.
JORDANIE : Jordan Distribution Agency, P.O.B. 375, AMMAN.
KENYA : East African Publishing House, P.O. Box 30571, NAIROBI.
KOWEÏT : The Kuwait Bookshop, Co. Ltd., P.O. Box 2942, KUWAIT.
LESOTHO : Mazenod Book Centre, P.O. MAZENOD.
LIBAN : Librairies Antoine A. Naufal et Frères, B.P. 656, BEYROUTH.
LIBÉRIA : Cole & Yancy Bookshops Ltd., P.O. Box 286, MONRAVIO.
LIECHTENSTEIN : Eurocan Trust Reg., P.O. Box 5, SCHAAN.
LUXEMBOURG : Librairie Paul Bruck, 22, Grand-Rue, LUXEMBOURG.
MADAGASCAR : Commission nationale de la République démocratique de Madagascar pour l'Unesco, B.P. 331, ANTANANARIVO.
MALAISIE : Federal Publications Sdn. Bhd., Lot 8238 Jalan 222, Petaling Jaya, SELANGOR. University of Malaya Co-operative Bookshop, KUALA LUMPUR 22-11.

MALI : Librairie populaire du Mali, B.P. 28, BAMAKO.
MALTE : Sapienza's Library, 26 Republic Street, VALLETTA.
MAROC : *Toutes les publications :* Librairie « Aux belles images », 282, avenue Mohammed-V, RABAT (CCP 68-74). « *Le Courrier* » *seulement (pour les enseignants) :* Commission nationale marocaine pour l'Unesco, 19, rue Oqba, B.P. 420, AGDAL-RABAT (CCP 324-45).
MAURICE : Nalanda Co. Ltd., 30 Bourbon Street, PORT-LOUIS.
MAURITANIE : GRA.LI.CO.MA., 1, rue du Souk X, avenue Kennedy, NOUAKCHOTT.
MEXIQUE : SABSA, Insurgentes Sur n.° 1032-401, MÉXICO 12 D.F. Librería « El Correo de la Unesco », Actipán 66, Colonia del Valle, MÉXICO 12 D.F.
MONACO : British Library, 30, boulevard des Moulins, MONTE-CARLO.
MOZAMBIQUE : Instituto Nacional do Libro e do Disco (INLD), avenida 24 de Julho 1921, r/c e 1.° andar, MAPUTO.
NICARAGUA : Librería Cultural Nicaragüense, calle 15 de Septiembre y avenida Bolívar, apartado 807, MANAGUA.
NIGER : Librairie Mauclert, B.P. 868, NIAMEY.
NIGÉRIA : The University Bookshop of Ife. The University Bookshop of Ibadan, P.O. Box 286, IBADAN. The University Bookshop of Nsukka. The University Bookshop of Lagos. The Ahmadu Bello University Bookshop of Zaria.
NORVÈGE : *Toutes les publications :* Johan Grundt Tanum, Karl Johans gate 41/43, OSLO 1. Universitets Bokhandelen, Universitetsentret, P.O. Box 307, BLINDERN OSLO 3.
NOUVELLE-ZÉLANDE : Government Printing Office Bookshops : Retail Bookshop, 25 Rutland Street, Mail Orders, 85 Beach Road, Private Bag C.P.O., AUCKLAND ; Retail Ward Street, Mail Orders, P.O. Box 857, HAMILTON ; Retail Cubacade World Trade Centre, Mulgrave Street (Head Office), Mail Orders Private Bag, WELLINGTON ; Retail, 159 Hereford Street, Mail Orders Private Bag, CHRISTCHURCH ; Retail Princes Street, Mail Orders, P.O. Box 1104, DUNEDIN.
OUGANDA : Uganda Bookshop, P.O. Box 7145, KAMPALA.
PAKISTAN : Mirza Book Agency, 65 Shahrah Quaid-i-Azam, P.O. Box 729, LAHORE 3.
PANAMÁ : Distribuidora Cultura Internacional, Apartado 7571, Zona 5, PANAMÁ.
PARAGUAY : Agencia de Diarios y Revistas, Sra. Nelly A. de García Astillero, Pte. Franco n.° 580, ASUNCIÓN.
PAYS-BAS : *Pour les publications seulement :* Keesing Boeken B. V., Postbus 1118, 1000 BC AMSTERDAM. Dekker and Nordemann NV, P.O. Box 197, 1000 AD AMSTERDAM.
PÉROU : Librería Studium, Plaza Francia 1164, Apartado 2139, LIMA.
PHILIPPINES : The Modern Book Co., Inc., 922 Rizal Avenue, P.O. Box 632, MANILA 2800.
POLOGNE : Ars Polona - Ruch, Krakowskie Przedmiescie 7, 00-068 WARSZAWA. ORPAN-Import, Palac Kultury, 00-901 WARSZAWA.
PORTO RICO : Librería « Alma Mater », Cabrera 867, Río Piedras, PUERTO RICO 00925.
PORTUGAL : Dias & Andrade Ltda., Livraria Portugal, rua do Carmo 70, LISBOA.
RÉPUBLIQUE ARABE SYRIENNE : Librairie Sayegh, Immeuble Diab, rue du Parlement, B.P. 704, DAMAS.
RÉPUBLIQUE DE CORÉE : Korean National Commission for Unesco, P.O. Box Central 64, SÉOUL.
RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE ALLEMANDE : Librairies internationales *ou* Buchhaus Leipzig, Postfach 140, 701 LEIPZIG.
RÉPUBLIQUE DOMINICAINE : Librería Blasco, avenida Bolívar n.° 402, esq. Harmanos Deligne, SANTO DOMINGO.
RÉPUBLIQUE-UNIE DE TANZANIE : Dar es Salaam Bookshop, P.O. Box 9030, DAR ES SALAAM.
RÉPUBLIQUE-UNIE DU CAMEROUN : Le secrétaire général de la Commission nationale de la République unie du Cameroun pour l'Unesco, B.P. 1600, YAOUNDÉ.
RHODÉSIE DU SUD : Textbook Sales (PVT) Ltd., 67 Union Avenue, SALISBURY.
ROUMANIE : ILEXIM, Import-Export, 3 Calea 13 Decembrie, P.O. Box 1-136/1-137, BUCUREŞTI.
ROYAUME-UNI : H. M. Stationery Office, P.O. Box 569, LONDON SE1 9NH. Government bookshops : London, Belfast, Birmingham, Bristol, Cardiff, Edinburgh, Manchester. *Pour les cartes scientifiques seulement :* McCarta Ltd, 122 Kings Cross Road, LONDON WC1X 9DS.
SÉNÉGAL : Librairie Clairafrique, B.P. 2005, DAKAR.
SEYCHELLES : New Service Ltd., Kingstate House, P.O. Box 131, MAHÉ. National Bookshop, P.O. Box 48, MAHÉ.
SIERRA LEONE : Fourah Bay, Njala University and Sierra Leone Diocesan Bookshops, FREETOWN.
SINGAPOUR : Federal Publications (S) Pte Ltd., No. 1 New Industrial Road, off Upper Pava Lebar Road, SINGAPORE 19.
SOMALIE : Modern Book Shop and General, P.O. Box 951, MOGADISCIO.
SOUDAN : Al Bashir Bookshop, P.O. Box 1118, KHARTOUM.
SRI LANKA : Lake House Bookshop, Sir Chittampalam Gardiner Mawata, P.O. Box 244, COLOMBO 2.
SUÈDE : *Toutes les publications :* A/BC.E. Fritzes Kungl. Hovbokhandel, Regeringsgatan 12, Box 16356, S-103 27 STOCKHOLM. « *Le Courrier* » *seulement :* Svenska FN-Förbundet, Skolgränd 2, Box 15050, S-104 65 STOCKHOLM. *Pour les périodiques seulement :* Wennergren-Williams AB, Box 30004, S 104 25 STOCKHOLM.
SUISSE : Europa Verlag, Rämistrasse 5, 8024 ZURICH. Librairie Payot, 6, rue Grenus, 1211 GENÈVE 11.
SURINAME : Suriname National Commission for Unesco, P.O. Box 2943, PARAMARIBO.
TCHÉCOSLOVAQUIE : SNTL Spalena 51, PRAHA 1 (*Exposition permanente*). Zahranícni literatura, 11 Soukenicka, PRAHA 1. *Pour la Slovaquie seulement :* Alfa Verlag, Publishers, Hurbanovo nam. 6, 893 31 BRATISLAVA.
THAÏLANDE : Nibondh and Co. Ltd., 40-42 Charoen Krung Road, Siyaeg Phaya Sri, P.O. Box 402, BANGKOK. Suksapan Panit, Mansion 9, Rajdamnern Avenue, BANGKOK. Suksit Siam Company, 1715 Rama IV Road, BANGKOK.
TOGO : Librairie évangélique, B.P. 378, LOMÉ. Librairie du Bon Pasteur, B.P. 1164, LOMÉ.
TRINITÉ-ET-TOBAGO : National Commission for Unesco, 18 Alexandra Street, St. Clair, TRINIDAD W.I.
TUNISIE : Société tunisienne de diffusion, 5, avenue de Carthage, TUNIS.
TURQUIE : Haset Kitapevi A.S., Istiklâl Caddesi n° 469, Posta Kutusu 219, Beyoglu, ISTANBUL.
URSS : Mezhdunarodnaja Kniga, MOSKVA G-200.
URUGUAY : Edilyr Uruguaya, S.A., Maldonado 1092, MONTEVIDEO.
VENEZUELA : Librería del Este, avenida Francisco de Miranda 52, Edificio Galipán, apartado 60337, CARACAS. La Muralla Distribuciones S.A., 4.ª avenida entre 3.ª y 4.ª transversal, Quinta « IRENALIS », Los Palos Grandes, CARACAS 106.
YOUGOSLAVIE : Jugoslovenska Knjiga, Trg. Republike 5/8 P.O.B. 36, 11-001 BEOGRAD. Drzavna Zalozba Slovenije, Titova C. 25, P.O.B. 50-1, 61-000 LJUBLJANA.
ZAÏRE : Librairie du CIDEP, B.P. 2307, KINSHASA 1. Commission nationale zaïroise pour l'Unesco, Commissariat d'État chargé de l'éducation nationale, B.P. 32, KINSHASA.

BONS DE LIVRES DE L'UNESCO

Utilisez les bons de livres de l'Unesco pour acheter des ouvrages et des périodiques de caractère éducatif, scientifique ou culturel. Pour tout renseignement complémentaire, veuillez vous adresser au Service des bons de l'Unesco, 7, place de Fontenoy, 75700 Paris. [46]